
د . هانى عبدالرحمن مكروم
الهندسة
البيئية
يطلب من
مكتبة وهبة
١٤ شارع الجمهورية . عابدين
القاهرة - تليفون ٣٩١٧٤٧٠
Bibliotheca Alexandrina
0202744

الهندســة البيئية

د. هانى عبد الرحمن مكروم

يطلب من
مكتبة وهبة
١٤ شارع الجمهورية . عابدين
القاهرة - تليفون ٣٩١٧٤٧٠

الطبعة الأولى

1419 هـ - 1998م

جميع الحقوق محفوظة

أميرة للطباعة عابدين - ت : ٣٩١٥٨١٧

بسم الله الرحمن الرحيم

1. مقدمة

الحمد لله رب العالمين الذى جعل العاقبة للمتقين والخزى والخسران للفسقة والظالمين. والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين ، سيدنا محمد وعلى آله وصحبه والتابعين وتابع التابعين بإحسان إلى يوم الدين. الحمد لله نقولها خالصة فى الأولى، ونسأل الله الكريم أن يلهمنا إياها فى الآخرة، وألا نغادر هذه الدنيا إلا بشهادة ألا إله إلا الله محمد رسول الله، صلى الله عليه وسلم.

وبعد .... فيأتى التلوث بأنواعه، وقضايا البيئة فى مقدمة قائمة المشاكل والتحديات التى تواجه حضارة البشرية فى العصر الحاضر؛ لأن تلوث البيئة يمس كل مقومات الحياة، ويهدد الكائنات الحية بما فيها الإنسان الذى يقيم بيديه المشروعات الصناعية والعمرانية العملاقة؛ طمعا فى الكسب العاجل والثراء السريع والترف الزائد، دون التفكير (الكافى) فيما تفرزه تلك الأنشطة من آثار ونواتج ومخلفات مركزة وذات خطورة على صحة الإنسان ومستقبله، وعلى كل الكائنات الحية التى يستفيد منها الإنسان ويعيش عليها، فيبدو الإنسان وكأنه قد ضل الطريق إلى غايته، حيث السعادة الحقيقية. وليس كل ما يلمع ذهبا، ولا علاقة بين الحداثة والسمو وطيب الجودة.

ويأتى هذا الكتاب – عن الهندسة البيئية مع التركيز على قضايا التلوث وخصوصا تلوث الهواء – ضمن الجهود الرامية إلى نشر الوعى البيئى، وتدعيم المكتبة العربية، وإلقاء الضوء على أبعاد القضايا البيئية ومحاور الحلول الممكنة. وفى أكثر من موضع نثبت بالتحليل المبسط والبراهين العلمية الميسرة، أن مكافحة التلوث مسألة ميسورة المعالجة – بفضل الله – بالنسبة للعقلاء إن خلصت النوايا وصدق العزم، وهى فى نفس الوقت فى غاية الصعوبة بالنسبة للحمقى والجهلاء. وفى مواضع عديدة نركز على الجوانب الفكرية

والأخلاقية والسلوكية للمشاكل، ففيها تكمن الجذور العميقة التى يلزم الوصول إليها لحسن المعالجة.

وقد روعى فى أسلوب هذا الكتاب تبسيط عرض الموضوع ؛ ليتيسر استيعابه؛ لأن الهدف هو نشر الوعى البيئى بين مختلف فئات البشر. ولذلك لن نتعمق فى تفصيلات الجوانب الفنية (التخصصية)؛ لأن الحل العقلى المبسط يجب أن يسبق المعالجات الفنية. ومعظم المشاكل التى نعانيها سببها هو طغيان التفكير الميكانيكى الذى يحل المشكلة بمشاكل بدون التفكير فى البدائل الأيسر! لذلك تعقدت الحياة ولا تزال تتعقد والإنسان يجرى ويلهث وراء الكسب العاجل، دون أن يراجع نفسه، أو يتأمل غايته.

وسنستخدم المصطلحات الشائعة، والأمثلة الواضحة ، والشواهد التى يتعرف بها الإنسان العادى على وجود التلوث ومصادره وشدته وخطورته، وكيفية تفاديه، دون الحاجة لقياسات فنية، أو استخدام أجهزة المتخصصين، إلا فى الحالات الدقيقة والجوانب الخفية. وبزيادة الوعى سينشأ رأى عام يضغط على مسببى التلوث ويحاصرهم مما يضطرهم لتحسين موقفهم وصورتهم، وليخرجوا من حالة التراخى التى تحتمى بعدم إلمام الناس بحجم التلوث وشدة مخاطره وأسبابه.

ونظرا لتشعب قضية تلوث البيئة فسوف نعرضها عرضا موجزا فى البداية ثم نركز على تلوث الهواء بعد ذلك. فبعد هذه المقدمة نبدأ فى تناول مشكلة تلوث البيئة عموما، وبعد ذلك نتناول مختلف جوانب قضية تلوث الهواء. ونظرا لكثرة مصادر تلوث الهواء فإننا سنذكر معظمها بإيجاز ثم نفصل بعضها، كالتدخين، وعادم السيارات والمداخن، وحرق النفايات؛ لأنها شائعة فى المناطق الأقل وعياً، وأيضا صناعة الأسمنت باعتبارها مشكلة حادة فى جنوب القاهرة وفى الإسكندرية وأسيوط. وأيضا سنتعرض بإيجاز لبعض أقسام التلوث المتداخلة مع تلوث الهواء، مثل التلوث الصوتى (السمعى) والإشعاعى.

يأتى الكتاب فى سبعة فصول - بعد هذه المقدمة -لتغطى حجم ومخاطر قضايا التلوث بأنواعه المختلفة، والتركيز على الهواء وأهميته، ملوثات الهواء، إنتشار ملوثات الهواء،

ووسائل السيطرة على ملوثات الهواء، ثم كيفية تحسين جودة الهواء. وكل فصل أتبع بمجموعة أسئلة تلزم للمراجعة إذا استخدم الكتاب كمرجع دراسى فى المرحلة الجامعية.
هذا ومن الجحود أن نتكلم عن البيئة دون تمجيد خالقها ومبدعها جل شأنه وتقدست أسماؤه تباركت آلاؤه. ولذلك ففى العديد من المواضع وجبت الإشارة إلى بعض نعم الله وآثار رحمته من خلال العرض العلمى والآيات والإشارات النورانية الهادية، المتعلقة بالموضوع، وقد تم تثقيل اللفظ الكريم والآية الكريمة؛ لبيان فضلها فوق سائر الكلام، والتنبيه إلى تمجيد العلم للعلام، واهب النعم، عظيم الكرم، سبحانه وتعالى عما يصفون.

اللهم إنى أسألك أن تتقبل هذا العمل بإعتبارة غيرة على بديع صنعك وشكرا لأنعمك.

سبحانك اللهم وبحمد، أشهد ألا إله إلا أنت، أستغفرك وأتوب إليك.

هانى عبد الرحمن
حلوان فى رجب 1419هـ

2. تلوث البيئة

لقد تأثرت البيئة سلبيا بالأنشطة التكنولوجية الحديثة التى تحاول خلع الإنسان من جذوره وإبعاده عن طبيعته السوية التى خلقه الله - جل وعلا - عليها. وذلك لأن الإنسان قد ضل الطريق بعد أن ترك سبل الهداية. إن الإنسان الذى خلقه الله - سبحانه وتعالى - أصلا **فى أحسن تقويم** وفى إطار من الرحمة والألفة والتناغم مع ماحوله ليعيش على الأرض - بأنوار الهداية - على غذاء طبيعى تنبته الأرض الطيبة التى أبدع صنعها العليم الخبير (جل وعلا)، تحول هذا الإنسان اليوم إلى مخلوق مشوه عدوانى يعيش فى جو اصطناعى رطب مقيد (مكيف) صيفا وشتاء، ويأكل مركبات اصطناعية ويشرب محاليل ملونة أذيبت فيها مواد مخلقة، وتستقبل حواسه إشارات مسممة تتحكم فى سلوكياته وتطوع فكره وفقا لمخططات أغلبها شيطانى خبيث.

لقد أصبح تلوث البيئة حقيقة واقعة، يلمسها كل من يعقل ما حوله، وتعانى منها حتى العجماوات، ولكن البعض من البشر قد لا يدرك مدى خطورتها؛ لأن أثرها يتراكم ببطء، والناس عموما لاتشعر إلا بالتغير الحاد. وأمسى موضوع البيئة وتلوثها والأخطار الناجمة عن ذلك فى مقدمة القضايا التى تشغل فكرالعقلاء، **وقليل ماهم** فى هذا الزمان، وحتى العوام أصبحوا يسمعون عن:

تلوث الهواء ، التلوث الإشعاعى ، تلوث المياه ، التلوث الأخلاقى، تلوث التربة، التلوث كهرومغناطيسى، تلوث الغذاء، تلوث سمعى(صوتى)، الأيدى الملوثة، تلوث البحار، الأموال الملوثة، الحمى الكونية، الأدوية المغشوشة، التلوث البصرى، الأمطار الحمضية، فساد الذمم، تهريج وفشل، تدنى الأذواق، التلوث الحرارى، التلوث الميكروبى، تقب الأوزون،

هياج الأمراض الفتاكة، الهلع والضغوط النفسية والعصبية، تلوث الأحياء، الخلل الاجتماعى، تلوث الفضاء، الاغتصاب ، الاختلاسات ...... إلخ.

الكل يشتكى، ماذا جرى؟ حتما يوجد خلل شامل وجسيم فى مراكز التوجيه والتحكم!!! ويقع على عاتق العلماء والمفكرين والمهندسين، وكل العقلاء، ودعاة الخير ،مسئولية التصدى لهذا التردى.

هنا يمكن تعريف تلوث البيئة على أنه تشوية تركيب البيئة - من حولنا - بحيث تبعد عن خصائصها الطيبة المتوازنة التى وجدناها عليها عند قدومنا إليها، وذلك التشويه يحدث بسبب الأنشطة الإنسانية المتعجلة التى ينتج عنها تغيرات تفسد نقاء البيئة وتخل بتوازناتها. وبمصطلحات الهُدى يمكن إيجاز تعريف التلوث على أنه: "تحويل الطيب إلى خبيث"، أو "الصالح إلى فاسد".

وتلوث البيئة فى عصرنا الحاضر مشكلة عديدة الأبعاد، ومعالجتها لم تعد تحتمل التأجيل؛ لأنها باهظة التكاليف، وتمثل خطورة كبيرة على صحة الإنسان، وعلى مستقبل البشرية والأحياء على ظهر الأرض. فقد بدأت آثار التلوث البيئى تتراكم وتترك آثارها على الصحة العامة، والاقتصاد العام بالتالى، ليس فى مصر وحدها ولكن على مستوى العالم كله شماله وجنوبه (غنيه وفقيره)؛ مما قد يعنى إقدام البشرية على الانتحار البطىء، وذلك نتيجة التطور الصناعى المتسارع بلا ضوابط منذ تصاعد الأنشطة الصناعية فى القرن التاسع عشر، لأن المال أصبح الهدف الذى يتصارع عليه وحوش الغابة. وأصبح التلوث يُحمّل الناس بتكاليف عديدة، ليس من أجل إشباع الحاجات، ولكن من أجل تخفيف المعاناة وتحجيم الضرر! ويالها من خسارة لم تكن ضرورية.

وقد وصل التلوث إلى باطن الأرض فتلوثت الآبار والعيون الطبيعية، ووصل التلوث حتى إلى الفضاء الخارجى؛ بسبب ما يتحطم من سفن فضاء، وأقمار صناعية ضائعة أو محطمة، وصواريخ دفع انتهى دورها أو صلاحيتها فى الفضاء. ويجرى التفكير فى جعل الفضاء

كمقلب واسع للمخلفات البالغة الخطورة، وذلك بتحميل النفايات النووية على صواريخ دفع تلقى بها بعيدا عن محيط الكرة الأرضية، إلى المجهول وخلف حدود اللاسيطرة!

وعند هذا الحد، يلزم أن نذكّر بأهمية تحديد أهداف الإنسان فى الحياة؛ كى تكون قيادة العقل البشرى - لتطوير البيئة وإعمار الأرض - على هدى، أى أن يوجه النشاط البشرى عموما نحو أهداف مختارة بعناية، وتكون وسائل تحقيقها مأمونة العواقب، ولتكون الآثار الجانبية (الضارة) للنشاطات البشرية (المتعجلة) فى أضيق الحدود.

وحسن تحديد الأهداف يستلزم أولا حسن تصور الوجود والحياة عموما، وهذا هو أساس الإصلاح، وبداية الفلاح، ومنبع فكر الرواد الذين يستطيعون إنارة الطريق للنهوض عموما، وبالبيئة خصوصا. فالبيئة هى رحم الحياة، ولو فسد الرحم لتعذرت الحياة فيه. لقد أصبحنا فعلا نواجه أزمات بيئية يلزمها حلول غير تقليدية؛ لمعالجة ما أفسدناه، بقصد أو بدون قصد. وهنا نترك للقارىء اللبيب أن يحدد: ماهى غاية الإنسان فى الحياة؟ وكيف يمكن تحقيقها بأيسر السبل وأقل تكلفة؟

1.2. البيئة بين الموذج والحقيقة

النموذج ينتج أو يتولد من تصورات العقل البشرى للشىء، فالنموذج هو صورة مبسطة أو مجردة، أو تمثيل نسبى - متفاوت الدقة - للواقع، كما يتصوره العقل، والواقع الذى نلمسه هو صورة ظاهرية محدودة للحقيقة. وهذا التسلسل هو تدرج فى مستوى العلم، فكلما زاد العلم ترقى النموذج فى تصورنا واقترب من الواقع وتعمق فهمنا له. والفهم الجيد للواقع وبالتالى القرب من الحقيقة هو دوما ضالة العقلاء ووسيلتهم فى التعامل مع الأشياء.

ونظرا لشدة تشابك الواقع فنضطر لوضع العديد من الفروض؛ للتغاضى عن بعض تفاصيل هذه التشابكات التى تبدو معقدة ويصعب حسابها، أو أنها غير قابلة للحساب

بالمفهوم البشرى (**Non-computable**) . ولذلك فالنموذج حتما يختلف عن الواقع وإلا كان واقعا، وليس نموذجا. والاختلاف بين الحقيقة والنموذج سوف نسميه "**الأشياء الأخرى Other things**". وعلى هذا الأساس يمكن صياغة العلاقة بين النموذج والحقيقة كالتالى:

الحقيقة = النموذج ± **أشياء أخرى**

وغياب هذه **الأشياء الأخرى** من الحسبان هى المصدر الرئيسى للخلل.
وتشغيل النموذج نعتبره محاكاة مقبولة للواقع ويساعد فى فهمنا له وتقليل **الأشياء الأخرى**. وبالتالى يمكن تطوير النموذج وضبط التعامل مع الواقع والتأثير عليه، فالنموذج هو تعبير عن صورة ذهنية قابلة للتطور إلى مالانهاية، وبقدر ما يترقى النموذج بقدر ما يقترب من الواقع ويترقى العقل ويستنير.
وعقولنا تتعامل مع النماذج وليس مع الحقائق، ولذلك نسمع دوما من يقول: لقد فوجئت بكذا، أذهلتنى المفاجأة، لقد اكتشفت كذا، ياللحسرة ، لقد كنت فى غفلة .... هنا تكمن **الأشياء الأخرى**.

مثال: نموذج الاحتراق

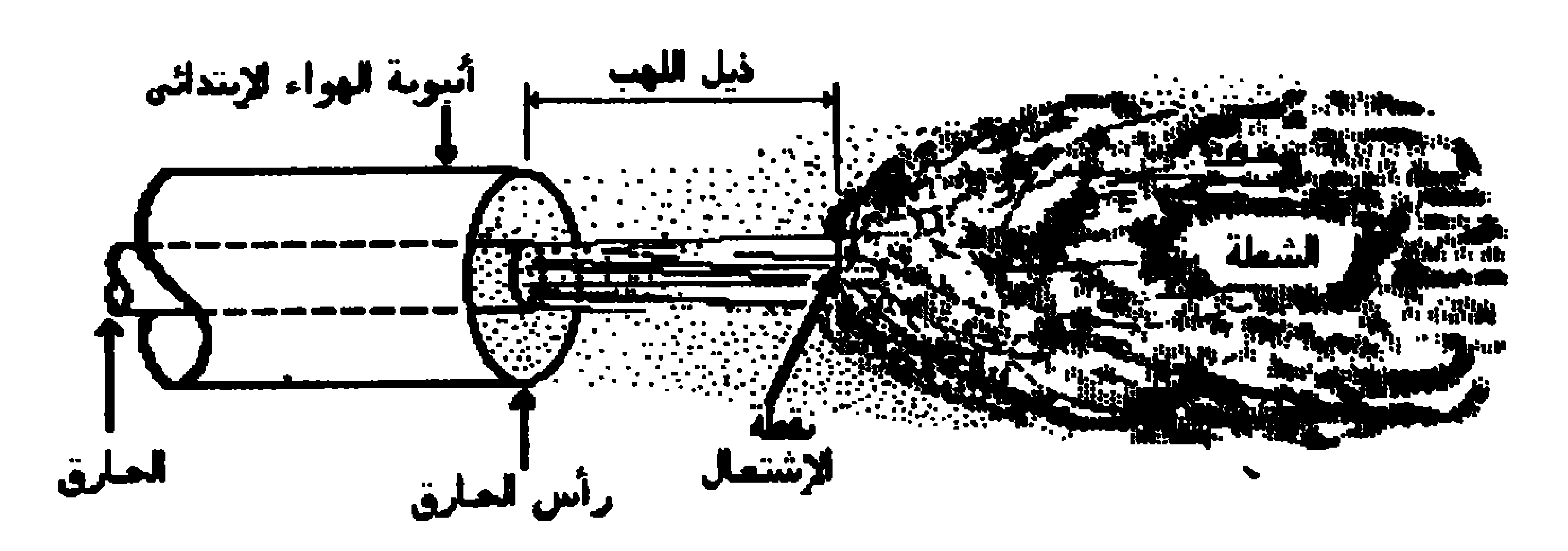
هب أننا نريد التعبير عن حقيقة عملية الاحتراق الممثلة باللهب (شكل 1.2) والتى تسبب بعض أنواع التلوث، فسيكون النموذج التقليدى (القديم) الحاضر والمطبوع فى بعض الأذهان كالتالى:

معادلة حرق الكربون $C + O_2 \rightarrow CO_2$

وحسابيا بالوزن $12 + 32 \rightarrow 44\ kg$

ولكن فى الحقيقة $\underline{12 + 32 \neq 44}$

و $C_xH_y + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + Heat$



شكل (1.2). نموذج اللهب.

وحقيقة الأمر أن النموذج الموضح عاليه غير كامل وتصحيحه؛ ليقترب من الحقيقة يكون كالتالى:

$$C_xH_y + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O \quad \pm \underline{\text{Other things}}$$

وتطوير هذا النموذج ليقترب من الحقيقة يكون كالتالى:

$$\text{Fuel + air} \rightarrow CO_2 + H_2O + CO + N_2 + SO_2 + NO + O_2 + NO_2 + \text{Heat} \pm \underline{\text{Other things}}$$

وتدقيق النموذج السابق يعطى

$Fuel + air \rightarrow CO_2 + H_2O + CO + N_2 + SO_2 + NO + O_2 + NO_2$ +Fly ash + heat flux + pollution ± **Other things**

ومازال النموذج يقبل التطوير ثم التطوي ثم التطوير

$Fuel + air \rightarrow CO_2 + H_2O + CO + N_2 + SO_2 + NO + O_2 + NO_2$ +Fly ash + heat flux + pressure change + sound waves + pollution ± **Other things**

ولن يصل النموذج ليطابق الحقيقة أبدا ويظل علمنا ناقصا، وسبحان القائل:

﴿وما أوتيتم من العلم إلا قليلا﴾؛ لأن الأشياء الأخرى هى الأكثر والأخفى، ومعظمها لا يخضع للحسابات التى نعرفها، ولذلك نسميها (**Non-computable**). وبعضها يوصف بأنه (**Qualitative**) والبعض الآخر يسمى (**Intangible**).

وبهذا العلم القليل وحده لايمكن أن نصل للحقيقة أبدا، ولا يمكن أن نهدى أنفسنا ولا من أحببنا.

∴ لابد من الهداية، هداية من لا يخفى عليه شيء - سبحانه وتعالى.

2.2. البيئة

تعريفات البيئة عديدة وكل ينظر من زاويته ويصيغ بعقله، ولا بأس فالكل يصب فى نفس المحيط. وفى البداية نذكر تعريف البيئة الشامل، كما ورد فى المادة الأولى من قانون حماية البيئة، وهو: "البيئة هى المحيط الحيوى الذى يشمل الكائنات الحية، وما يحتويه من مواد، وما يحيط بها من هواء وماء وتربة، وما يقيمه الإنسان من منشآت".

وعلى المستوى العالمي، فيمكن أن نجمل ذلك بإعتبار أن البيئة المقصودة هي: الأرض وما عليها. فالبيئة العالمية تشمل المحيط الجوى (Atmosphere) والمحيط المائي (Hydrosphere) واليابسة (Lithosphere)، أو ما نطلق عليه - في لغتنا الجميلة - البر والبحر والجو. وهذا الاتصال المحيطي للأرض يجعل قضية تلوث البيئة مشكلة عالمية، فالكل يصب في نفس المحيط.

وقد يمتد مفهوم البيئة ليشمل الفضاء، وذلك بالنسبة لرواد الفضاء، وطبيعة (جو) المركبات الفضائية، أو نقول بيئة القمر أو بيئة المريخ.

المحيط (الغلاف) الجوى هو خليط الغازات الذى يبدأ من سطح الأرض ويمتد نحو الفضاء عبر طبقات متباينة، وقد هيأه العزيز الحكيم - عز وجل - منذ القدم وقبل هبوط ابينا آدم (عليه السلام) إلى الأرض. وظل هذا الغلاف لآلاف السنين يتبادل المكونات والتأثيرات مع البر والبحر وما ينبت ويدب عليهما بتوازنات تشهد بعظمة الخلاق العليم وتسبح بحمده.

والبحر في لغة العرب هو الماء الكثير، وذلك يشمل المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار، والمجارى المائية، وحتى المياه الجوفية، فيقال أن منطقة كذا تعوم على بحر من المياه الجوفية.

أما **اليابسة** فهى القشرة التى تلف جوف (Core) الأرض.

أما **المحيط الحيوى** (Biosphere) وهو المعروف أيضا باسم **المحيط الإيكولوجى** (Ecology)، فالمقصود به هو الطبقة الرقيقة التى تحتضن الأرض، وهذا المحيط يتكون من الطبقة الجوية المجاورة لكل من البر والبحر، أو بعبارة أخرى ينحصر بين الطبقات العليا (السطحية) من الغلاف البرمائي والطبقات السفلى من الغلاف الجوى. **وهذا المحيط الحيوى** هو البيئة الطبيعية التى تعيش وتتركز فيها أغلب الكائنات بما فيها **الإنسان**. وفى هذا المحيط تدور المواد التى تحيا عليها (أو بها) مختلف الكائنات الحية. فمن هذا المحيط يأخذ الكائن الحى مايلزم لحياته، وفى نفس المحيط يلفظ مخلفاته الصلبة والسائلة والغازية. وهذه

الطبقة المعقدة (المتشابكة) على سطح الأرض والتى لم تتحدد أبعادها بدقة بعد. وتتحدد الخواص الطبيعية والكيميائية للمحيط الحبوى طبقا لخصائص الأغلفة الثلاثة المكونة له (بر بحر جو) والعلاقات بينها حيث تكون المحصلة بيئة ذات خصائص معينة تناسب أحياء بعينها تعيش فيها. وعلاقات هذه الأحياء بالبيئة مرتبطة بالتوازن البيئى.

وفي ضوء ماذكرنا، فالبيئة عموما هى كل ما يحيط بالإنسان، الظاهر منه والخفى. ولكن في لمعالجات الهندسية لقضايا البيئة يلزم تقسيم المسألة وضعها فى صور أكثر تحديدا، بحيث نتمكن من القياس والتقييم واقتراح الحلول ومتابعتها. مثال ذلك تحديدكمية ونوعية الغازات المنبعثة من أحد المصانع، نوعية الهواء فى قلب المدينة، كمية ونوعية مياه الصرف الصناعي، كمية مياه السيول المتوقعة، الإشعاع المنبعث من مفاعل نووى، شدة المجال الكهرومغناطيسى فى منطقى ما، مستوى الضوضاء فى أحد العنابر ....إلخ.

3.2. الطيب والخبيث

هنا نذكّر بأن الله - سبحانه وتعالى علوا كبيرا - لم يخلق شيئا عبثا؛ فكل شيء خُلق بقدر ولحكمة وبتوازنات بالغة الدقة والإعجاز ، علمنا ذلك أم جهلنا، فالتوازن البيئى الدقيق على ظهر الأرض حقيقة مثبتة فى محكم التنزيل، ﴿ **والأرض مددناها وألقينا فيها رواسي وأنبتنا فيها من كل شيء موزون** ﴾ الآية 19 سورة الحجر. هكذا كانت الأرض يوم خلقت ويوم هبط إليها جدنا وجدتنا، عليهما سلام الله، ولكن تصرفات الإنسان بعد ذلك - على غير هدى - أخلت بالتوازنات وأفسدت الطيبات، فوضعت الأشياء فى غير مواضعها فظهر خطرها وبرزت شرورها وانكمشت خيراتها وتلاشت فوائدها، وأصبح التلوث هو أبرز أعداء الحياة.

وما حذرنا منه ربنا (جل وعلا)، وكان فى علم الغيب عنده، يحدث الآن بمنتهى الوضوح، ولكأن القرآن يتنزل الآن مشخصا أزمة الإنسان فى كل عصر ومصر، ﴿**ظهر**

الفساد فى البر والبحر بما كسبت أيدى الناس ليذيقهم بعض الذى عملوا لعلهم يرجعون﴾ الآية 41 سورة الروم. ولا حل إلا بالعقل والرجوع إلى طريق الهدى والنور[8].

وبالتقصى العلمى نجد أن أى شىء خلقه العليم الخبير يمكن أن ينفع، ويمكن أن يضر، يمكن أن يكون خيرا ويمكن أن يكون شرا، وقد أنعم الله علينا بالعقل لنضع الشىء حيث ينفع ؛ فننعم بالطيبات، ونمنعه من حيث يضر، فنتجنب الضرر والخبائث، ولذلك أحلت لنا الطيبات وحرمت علينا الخبائث. والأمثلة تفوق الحصر، وقد نزل، فى الكتاب العزيز، قوله سبحانه وتعالى: **﴿والذى خبث لا يخرج إلا نكدا، كذلك نصرف الأيات لقوم يشكرون﴾**، الآية 58 سورة الأعراف. من هذه النصوص النورانية نقتبس المصطلحات والمسميات الحقيقية للأشياء، فنسمى التلوث فسادا، والملوث خبيثا.

ومن الأمثلة التوضيحية، لمواضع الأشياء، أن الكربون حين نأكله ضمن مكونات التفاحة فهو مفيد، ولكن حين نتنفسه، ضمن أول أكسيد الكربون، مع الهواء أو السيجارة فهو قاتل. والطمى (الغرين) إذا وُضع فى التربة الزراعية يخصبها، وإذا وُضع فى كرسى الماكينة يفسده. والعسل **﴿فيه شفاء للناس﴾**، لكنه يلوث الكمبيوتر والورق والملابس وغيرها، والمخلفات العضوية إن تركت مكشوفة فى العراء فهى مصدر للغازات والروائح الكريهة، ومرتع لنمو الحشرات ومصدر لنشر الأمراض، وحين تدفن هذه المخلفات فى التربةفإنها تُخصبها وتساهم فى دعم دورات الخير والنماء.

ونكرر مرة أخرى: التلوث هو وضع الشىء فى غير موضعه. وجميع العناصر التى نشتكى من ضررها الآن لم تهبط من السماء ليلة الأمس، بل إنها قد أدت وتؤدى أروع الأدوار فى المواضع التى خلقت لهامنذ الأزل، ولكنها الآن تضر حين وضعها الإنسان فى غير موضعها. إذن فالقضية عقلية.

4.2. المواد الضارة بالبيئة

قبل أن يخلق الله - جل وعلا - الإنسان فقد خلق الأرض ﴿**وقدر فيها أقواتها**﴾ وهيأ للإنسان سبل المعيشة والحياة الكريمة، وقال وقوله الحق ﴿**فمن اتبع هداى فلا يضل ولايشقى**﴾ وبرسالات الهدى **أحل الطيبات وحرم الخبائث، ونهى عن الضرر والضرار**.

وما من كتاب كُتب عن التلوث - حتى ماكتبه الكفار والملحدون - إلا وأكد على إضرار الإنسان لنفسه بإفساد البيئة التى يعيش فى رحمها. فالمداخن (كبيرها وصغيرها) تقذف يوميا بملايين الأطنان من الغازات والأتربة التى تفسد الهواء الذى نتنفسه، والمصانع ومحطات توليد الطاقة (الحرارية) وماصنعه الإنسان من معدات (كالسفن والمركبات المختلفة) تلقى كميات هائلة من المخلفات (كالزيوت والشحومات والكيماويات) فى المحيط المائى للأرض ممايفسد البحار والأنهار ويهدد الكائنات الحية (كالأسماك وغيرها)، فضلا عن الإنسان ذاته.

واستخدام المبيدات الحشرية (الكيماوية) بأنواعها المختلفة سواء الزراعية أو المنزلية، وأيضا استخدام العديد من أنواع العطور الاصطناعية ومواد الصباغة والماكياج كل ذلك يضر بالإنسان وبيئته. بعض أنواع الطلاءات ومواد البناء الاصطناعية كالسيراميك وورق الحائط تضر بالبيئة التى يعيش فيها الإنسان لمدة طويلة.

والمواد الضارة بالبيئة عديدة نذكر منها مايلى:

1. الرصاص يدمر الخلايا العصبية فى جسم الإنسان ويصيبه بالشلل الرعاش، والزهايمر، والعقم للجنسين على السواء.
2. الزرنيخ والرصاص والزئبق تسبب الأنيميا للأطفال.
3. الأوزون الأرضى يدمر وظائف الكلى والكبد والجهازين العصبى والتنفسى.

4. الزئبق في مصانع الصودا الكاوية والكلور يسبب أمراض الأجهزة التنفسية والهضمية والعصبية. وجدير بالذكر أن أحذية السفه التي تضيء تحت أرجل الأطفال الأبرياء هي أحد مصادر التلوث بالزئبق!

5. المبيدات الحشرية تسبب شتى الأمراض، والحديث عنها يطول.

5.2. أقسام التلوث

التلوث (الفساد) يشمل مجموعة قضايا متشابكة وتفوق الحصر، يربطها في الأساس تلوث العقل وسوء الفهم، ولذلك فقد خصصنا له كتابا خاصا[8]. ورغمَ ذلك التشابك فيمكن تقسيم قضايا التلوث إلى قسمين رئيسيين:

1. **التلوث المادى**، ومن أنواعه تلوث الماء والهواء والتربة، وستعرض لكل نوع في مواضع مختلفة من هذا الكتاب وخصوصا تلوث الهواء. فهذا القسم من التلوث ملفت للانتباه أكثر وأشد خطرا.

2. **التلوث اللامادى**، مثل الضوضاء، والتلوث الكهرومغناطيسى والتلوث العقلي والثقافى والأخلاقى، والتلوث البصرى، كالمناظر المؤذية، وأيضا ستعرض لكل منها في حينه. وخطورة هذا القسم تخفى على معظم الناس حتى في دول التقدم التقني؛ فتأثير التلوث اللامادى يتم بصورة غير مباشرة ، فالضوضاء ترفع ضغط الدم، وتثير الأعصاب وتحدث التوتر العصبي والنفسى، وترفع ضربات القلب، وتؤذى السمع.

وبتقسيم أدق نسبيا يمكن من الناحية الفنية تحديد الأنواع التالية من التلوث:

1. تلوث البر (اليابسة).
2. تلوث البحر (الماء).

3. تلوث الجو، ويشمل تلوث الهواء، والتلوث الميكروبى، والتلوث الصوتى (السمعى)، وأيضا التلوث الإشعاعى والحرارى.
4. التلوث البصرى الناتج عن المناظر المؤذية.
5. التلوث العقلى الناتج عن الثقافات المنحرفة، وهو السبب الخفى وراء كل أنواع التلوث، وتلك قضية القضايا، كما أوضحنا فى كتاب العقل[8].

ورغم خطورة جميع الأقسام المذكورة عاليه، إلا أننا سنركز فى هذا الكتاب على موضوع تلوث الهواء؛ لأن الهواء هو أهم مادة فى الوجود، على حد علمنا، ويغطى البر والبحر ويؤثر فيهما ويتأثر بهما، ولذلك فهو أعم وأشمل فى التأثير. وفى نفس الوقت سنتعرض لأنواع متشابكة من التلوث تحت مسميات مختلفة ويشيع ذكرها.

1.5.2. تلوث اليابسة

من المعلوم أن الأرض شبه كروية وسمك قشرتها الخارجية المتماسكة حوالى 50 كيلومتر، وفى باطنها توجد المعادن السائلة المنصهرة، وتتراوح درجة حرارة هذا المصهور بين 2000 و 4000 درجة مئوية. وقشرة الأرض تعتبر رقيقة (نحيفة) نسبيا لذلك يحدث فيها فوالق وتحركات للكتل على هذه الفوالقفينتج عن ذلك هزات شديدة تعرف بالزلازل، أو تندفع الحمم البركانية فتهلك الحرث والنسل. ولولا الجبال ما استقرت القشرة الأرضية. وسبحان الذى يقول فى كتابه العزيز: ﴿ **ألم نجعل الأرض مهادا والجبال أوتادا**﴾ الآية 7، سورة النبأ.

وأسباب الزلازل عديدة ومتشابكة، نذكر منها مايلى:
1. وجود فوالق وكسور فى القشرة الأرضية.
2. ضعف تماسك بعض الطبقات.
3. تولد وتراكم طاقة جيوحرارية فى باطن الأرض.

4. تغيرات فى حركات كواكب المجموعة الشمسية مما يولد قوى على كوكب الأرض.
5. التجارب النووية التى تجرى تحت الأرض أو فى المحيطات.
6. التحميل الذى يحدث على القشرة الأرضية بسبب المشاريع العملاقة التى يقيمها الإنسان كالسدود التى تحجز كميات ضخمة من المياه أمامها.

والزلازل والبراكين لاسيطرة للبشر عليها وهى تعتبر من قدر الله وجنده وتحدث لحكم يعلمها هو (جل وعلا) ، فربما تكون عقابا للفسقة والظالمين، أو ابتلاء للمؤمنين، وقد يكون فيها إصلاحا مستقبليا لما أفسده المفسدون، ولذلك فلايجب أن نعتبرها من مصادر التلوث، فما يعلم جنود ربك إلا هو. أما الكوارث التى تحدث بسبب النشاطات البشرية (كالتفجيرات النووية) فتلك التى يجب أن نحللها بعناية ويعاد النظر فى أمرها.

والألغام الأرضية التى ابتكرها الإنسان لقتل أخيه الأنسان تعد من الملوثات الأرضية البالغة الخطورة، ويقدر العلماء أنواعها بما يزيد على 290 نوع مضادة للأشخاص، حيث تنفجر بمجرد أن يلمسها الإنسان، وتصنع من مواد مختلفة معدنية أو خشبية أو بلاستيكية. وهناك النوع المضاد للسيارات والمركبات بأنواعها، وهى تدفن فى الأرض وتنفجر بمجرد أن تطأها المركبة. ويوجد نوع ثالث هو الألغام البحرية التى تفجر السفن والبوارج وماشابهها. ورغم انخفاض تكلفة صنع اللغم (من 3 إلى 30 دولار أمريكى) إلا أن تكلفة اكتشافه وإزالته تتراوح بين 300 و 1000 دولار أمريكي. ومعظم هذه الألغام (إن لم تكن كلها) مزروعة فيما يسمى بدول العالم الثالث التى أرغمت على حروب من تدبير الشياطين وصنع دول الاستكبار فى الأرض.

والسطح العلوى من القشرة الأرضية هو الذى تتم فيه وعليه عمليات الإنبات وإنتاج الطعام والملبس والمأوى، وعليها تتم معظم النشاطات الحيوية والتعميرية وأيضا التدميرية.وتلوث اليابسة يقصد به تلوث سطح القشرة الأرضية. والتطورات الصناعية فى العقود الأخيرة أثرت سلبيا صلاحية التربة لإنتاج الغذاء المأمون العاقبة.-والتربة المصرية

بوجه خاص أصابها من الضعف مأأصابها بسبب انقطاع الطمى النيلى الذى كان يغذيهـا سنويا مع كل فيضان. وترتب على ذلك التركيز على الأسمدة الاصطناعية والإسراف في استخدامها مع المبيدات الحشرية أيضا. وتلوث التربة الزراعية أصبح يهدد الحيوان والنبات على السواء، لأن الملوثات تبقى فى أجزاء النبات التى تستخدم كغـذاء، ويمكـن أن تحـدث التسمم الفورى أو التراكمى. ومظاهر التلوث الزراعى عموما يمكن تلخيص أهم أسـبابها فيمايلى:

1. الإسراف فى استخدام الأسمدة الاصطناعية والمبيدات الحشرية.
2. صرف بعض مخلفات المصانع فى مجارى مياه الرى.
3. خلط مياه الرى بمياه الصرف.
4. تكثف الأدخنة وعوادم السيارات وتساقطها مع الأمطار والندى.
5. تسرب مخلفات المصانع والصرف الصحى عبر التربة إلى المياه الجوفية وإلى المجـارى التى تستخدم للرى.

وتقول التقديرات أن التربة المصرية تلقت حوالى **250,000** طن مـن المبيـدات الحقليـة فى النصف الأخير مـن القـرن العشـرين. ومـن العسير إزالتهـا بـالغمر العـادى، وستظل لعشرات السنين سـببا للأمـراض. والاسـتخدام المباشـر لهـذه المبيـدات أدى إلى الاختـلال البيولوجى بسبب تقلص أعداد بعـض الكائنـات التـى تـؤدى دورهـا فـى التـوازن البيئـى. والبسطاء من الفلاحين لاحظوا انكماش الأسماك فى المجارى المائية واختفاء الغـراب وأبـى قردان صديق الفلاح. هذا بخلاف ما يحث من تجاوزات غير محسوبة بإسم الهندسة الوراثية

2.5.2. التلوث البحرى

جعلت البحار والمحيطات لتحفظ الماء ضد عوامل التلف والفساد التى تصيب الماء الآسـن، ولتحتضن الكائنات المائية التى تفوق الحصر والتـى تولـد الفوائـد العديـدة للبشـر، ولكـن الإنسان بسوء سلوكة يفسد نعم الله (تقدست أسماؤه وتبـاركت آلاؤه). ومـن المعلـوم أن

الغلاف المائى المتمثل فى البحار والمحيطات يمدنا بأهم مركب فى الحياة الذى هو الماء، فالنسبة العظمى من من وزن المادة الحية (حوالى 90٪) يتكون من الماء والمركبات العضوية، وسبحان القائل: ﴿وجعلنا من الماء كل شيء حي﴾.

والإنسان بجهله قد اندفع يفسد البحار، فبعض الدول تصرف (أو تلقى) مخلفاتها عمدا فى البحر والسفن تفعل نفس الشىء، وهذه المخلفات تحتوى على سموم تقتل الأحياء المائية أو تمرضها لتنقل المرض للإنسان الذى يأكلها. وعلى سبيل المثال ففى عام 1992م أعلن فى أحد تقارير الأمم المتحدة أن البحر الأبيض المتوسط يتلقى سنويا حوالى:

15000 طن زنك.

100,000 طن زئبق.

مليون طن نترات.

وحين يحدث تسرب من ناقلات البترول (أو غرقها) فيتوزع القتل على الأسماك والطيور المائية، وتدفع الأمواج القار نحو الشاطئ فيلوث الموانى والمناطق السياحية وغير السياحية فتفسد رمالها الجميلة. وقد تمتد الأضرار إلى محطات التحلية إن وجدت بالقرب من المنطقة الملوثة.

وبالنسبة لمياه الشرب فيقدر أن 10 ملايين شخص يموتون سنويا بسبب تلوث المياه، هذا بخلاف من يمرضون ولكن ليس لدرجة الموت. وأسباب تلوث المياه العذبة عديدة نذكر منها:

1. اختلاط مياه الترع والأنهار والآبار بمياه الصرف الصحى أو الصناعى بما تحتويه من عناصر شديدة الخطر على الصحة.
2. سوء حالة شبكة مما يسمح بالتسرب منها وإليها.
3. استخدام الرصاص فى توصل مواسير وخزانات مياه الشرب.
4. الشرب المباشر من المياه المعرضة للتلوث كالبحيرات والأنهار والخزانات المكشوفة دون تنقية.

والجدير بالذكر أن محطات تنقية مياه الشرب تقوم بمعالجة جزئية (فقط) للمياه، وهذه المحطات ليست مجهزة للتعامل مع العديد من الملوثات الفتاكة كالعناصر الثقيلة مثلا. هذا والحديث عن تلوث نهر النيل وصرف المصانع فيه له قصص يطول شرحها.

3.5.2. التلوث البصرى

الإنسان السوى مخلوق أنعم الله عليه بإمكانية التمييز والتذوق المعنوى، ولذلك يتأثر فيسعد بالجمال ويتأذى بالقبح. لقد خلق الله الإنسان فى أحسن وتقويم كما خلق له الكون الجميل الذى يسر الناظرين. وفى حديث بين خير البرية والأحنف ابن قيس (رضى الله عنه)، يقول صلى الله عليه وسلم: "يا أحنف كل خلق الله جميل".

وحين تفسد الفطرة وتتلاشى القيم والأهداف النبيلة وتتدنى السلوكيات ويضل الإنسان طريقه في خضم الحياة الدنيا. حينئذ يتبلد الحس وتنسحب المعانى تاركة هياكل المبانى تنعى ماكان من الجمال فى الزمن الماضى، ويتلفت العاقل حوله فيجد النشازات الخرسانية التى تدل على الصلف وتشهد للقبح الذى زرعه الوحوش البشرية، وتبرز الألوان متنافرة فى غير مواضعها وتدل على همجية صانعيها وتؤذى الناظرين. هذا بخلاف المخلفات والمتروكات التى تلقى بفوضوية فى العديد من الأماكن التى يفترض أو يشترط فيها النظافة، و"النظافة من الإيمان"، كما علمنا رسول الرحمن (صلى الله عليه وسلم).

وأصبحنا نسمع كثيرا عن من يشتكى من التوتر، وتلف الأعصاب، وسرعة الغضب والمشاحنات لأتفه الأسباب. والكثير من مثل هذه المتاعب يمكن إرجاع جانبا منها إلى التلوث البصرى.

6.2. آثار التلوث

التلوث يبدأ مُركزا حول المصدر ثم ينساب فى المحيط العام، فيفسد ما يصادفه بدرجات تتناسب عكسيا مع البعد عن المصدر، وبعبارة أخرى.فالتلوث المحلى يتحول إلى تلوث عالمى؛ لأن الأحياء تتداول خامات الحياة بالتوالى عبر المحيطات المختلفة ومع دوران الكرة الأرضية وتحرك المواد على ظهرها. وتجمع الدراسات المختلفة على أن التلوث له تأثير مدمر على مختلف أشكال الحياة؛ حيث أنه يفسد صلاحية البيئة للحياة، برغم الآليات البيئية التى تحاول ضبط التوازن ، لكن جهود الإفساد أكثر.

والتلوث كظاهرة سيئة تتجلى مضارها فى ثلاثة قطاعات متشابكة:

أ. صحة الإنسان.

ب. سلامة وصلاحية الكائنات التى ينتفع بها الإنسان.

ج. اقتصاديات الحياة.

7.2. أثر التلوث على صحة الإنسان

بالرغم من أن بعض مظاهر التلوث تكون واضحة للعيان على هيئة المياه الآسنة فى المجارى والأنهار والبرك والمستنقعات، والدخان الذى يعكر زرقة السماء وجمال السحاب، ومقالب المخلفات الصلبة التى تؤذى النظر وتنبعث منها الروائح الكريهة، إلا أن الناس نادرا ما يشغلها التفكير فى المخاطر الناتجة عن ذلك حتى تدرك مدى التأثيرات المرضية الممكن أن تحدث لهم بسبب تلوث البيئة. ويمكن القول بأن معظم الأمراض التى يعانى منها الإنسان سببها الرئيسى هو التلوث ﴿**بما كسبت أيدى الناس ليذيقهم بعض الذى عملوا لعلهم يرجعون**﴾.

ومظاهر التلوث هذه تحدث أمام عين الإنسان منذ قرون و لم تبذل الجهود اللازمة لمقاومتها إلا بعدما ثقلت آثارها السلبية على صحة الإنسان وألقت بظلالها السلبية على نفسيةالكثيرين.

لقد أصبح الحديث فى مخاطر التلوث لا يكاد يخلو منه محفل أو مجلس، بدءا من دور الحضانة حتى مؤتمرات قمة الأرض، فمشاكل التلوث تكاثرت وتشابكت فحاصرت الأحياء بصورة مخيفة، ورغم ذلك فالجهود المبذولة حاليا لا تتناسب مع أحجام المخاطر التى تهدد مختلف صور الحياة على كوكب الأرض.

الأجزاء الصلبة والسائلة والغازية يمكن أن تأوى عوامل بيولوجية وكيميائية ذات تأثير ضار على صحة البشر. والعديد من الأمراض المعدية يمكن أن تنتشر خلال عناصر البيئة بواسطة المخلفات البشرية والحيوانية.

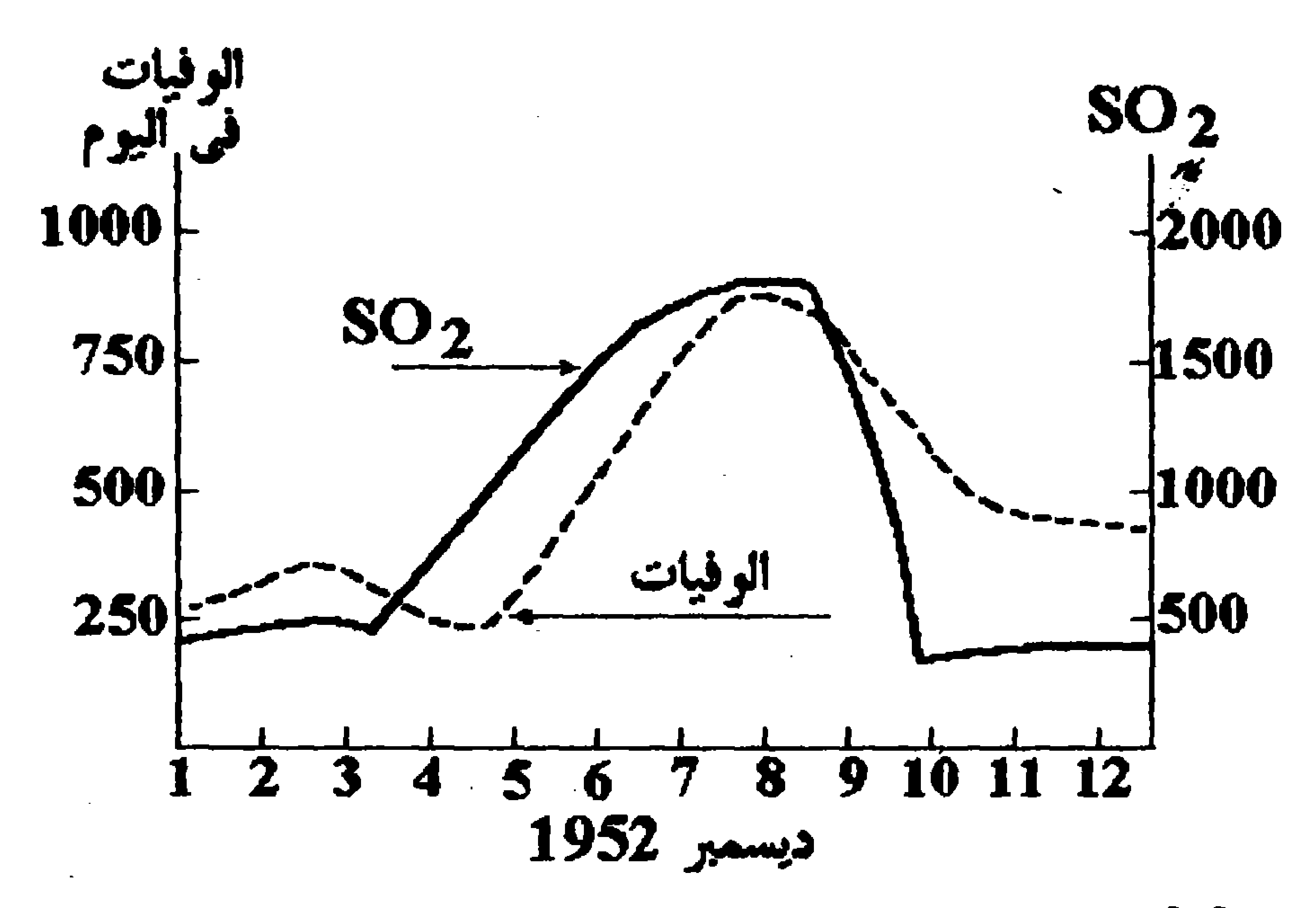
النتيجة التلقائية للتلوث هى فساد بعض مقومات الحياة، مما يسبب الخلل الحيوى الذى يحدثه فى الكائنات، وهو ما يعنى المرض أو الموت. والرصد الطبى والحيوى لآثار التلوث قد أثبت تفشى العديد من الأمراض الفتاكة بين مختلف الأحياء بدرجات متفاوتة، وبمعدلات متزايدة. وفيما يخص الإنسان نجد منها على سبيل المثال لا الحصر:

1. السرطانات.
2. الفشل الكلوى.
3. الالتهابات الكبدية وتوابعها.
4. تدمير وظائف المخ والأعصاب.
5. تصلب الشرايين، وضعف عضلة القلب، وارتفاع ضغط الدم.
6. أمراض الصدر والحساسية.
7. ضعف نمو الأجنة أو تشوهها.
8. أمراض الشيخوخة المختلفة، كالتهاب المفاصل، وأمراض العيون.
9. ضعف القدرة على الإنجاب.

10. الأمراض الجلدية.

11. الأمراض الناتجة عن التلوث الميكروبى.

وعلاقة التلوث بالأمراض والموت لم تعد خافية، والرصد الأمين يثبت هذه العلاقة يوما بعد يوم منذ منتصف القرن العشرين حتى الآن، وشكل (2.2) هو أحد الإثباتات التى تدين التلوث، وتوضح علاقته بالوفيات، مع إيماننا الراسخ بالأجل والقدر، ولكن ذلك لايتنافى مع محاولاتنا لفهم الأسباب والتعامل معها.



شكل (2.2). عدد الوفيات وتركيز التلوث أثناء أحداث (كارثة) تلوث هواء لندن عام 1952. المصدر: E.T. Wilkins, *Journal of the Royal San. Inst. 74, 1 (1954).*

وشكل (2.2) يوضح بعض نتائج حالة شديدة لتلوث الهواء. فالضباب القاتل غطى لندن عام 1952 فى ظـروف جوية قاسية. الشـابورة الكثيفـة علـى مستوى سطح الأرض اقترنت مع البرد القارص ودخان مواقد الفحم، مما كون حالة بالغة السوء، وقصر الرؤيـة نهارا لبضعة أمتار قليلة، مما دفـع سـائقى الباصـات للسير أمـام سيـاراتهم لتوجيههـا فـى الشوارع.

وبعد يومين من بداية الضباب، بدأ معدل الوفيات فـى لنـدن يتصـاعد. وتركـيزات ثـانى أكسيد الكبريت تضاعفت إلى حـوالى 7 أضعـاف معدلها، وأول أكسيد الكربـون كـان ضعف معدله. ورغم ذلك فلا يصح أن نستنتج أن ثانى أكسيد الكبريت وحده هو الـذى سبب الوفيات، لكن العديد من الأسباب الأخرى يمكن أن تكـون وراء ذلـك، والتلـوث هو الذى عجل بالوفاة.

وجدير بالذكر أن كارثة التلوث هذه ليست الأولى من نوعها، لكن سبقها حادث قريب الشبه منها، فى الأسبوع الأخير من أكتوبر عام 1948 فـى مدينـة صناعيـة صغـيرة فـى غرب بنسلفانيا تسمى "دونـورا" (Donora) بالولايـات المتحـدة الأمريكيـة؛ بسـبب انقلاب جوى حبس الملوثات وقيد تحركها خارج الوادى الذى تقع فيه المدينة.

8.2. تلوث الأحياء

يعيش الأنســان ويتغـذى علـى بقيـة الأحيـاء التـى تنبـت مـن الأرض، وينتفـع بنشـاطاتها الحيوية، كأمثلة النباتات والحيوانات. وفساد البيئة يفسـد ويضـر بسـلامة هـذه الكائنـات، وبالتالى تقل فرصة الانتفاع بها، وقد يحولها إلى مصـادر للضـرر ومخـازن للسـموم. فحـين يتلوث الهواء – مثلا –فإنه يوزع التلوث على التربة والنبات والحيوانات والمـاء والأسمـاك، وجميعها مغذيات لا غنى عنها للإنسان. وقد انعدمت الحياة فعلا فى العديد من البحيرات التى كانت تزخر بالأسماك والأحياء.

وملوثات والهواء (والماء) تعود دوما للتربة التى هى المصدر الأساسى لعناصر الغذاء، وهذه العناصر هى أدق المقومات الأولية الحياة. والأمراض التى تصيب الأحياء والنباتات ينتقل ضررها للإنسان الذى يتغذى عليها. إذن فلو تحصن الإنسان فى برج كامل العزل والتكييف فلن يستطيع أن يحمى نفسه من آثار تلوث الهواء، المباشرة والغير مباشرة، وأيضا إن حافظ على سلامة البيئة لسلمت له الأحياء والأشياء من حوله، لينعم بطيباتها، ويأمن مضارها.

9.2. التلوث بالمعادن الثقيلة

المعادن الثقيلة هىتسمية أطلقت على أيونات العناصر المعدنية مثل النحاس، الرصاص، الزئبق، الزنك ، الكروم، النيكل، الحديد، المنجنيز، والألومنيوم. وهذه العناصر هى فى الأصل من النعم وخُلقت لحكمة وبقدر، وفيها منافع تفوق الحصر، حين تستخدم بحكمة فى الغرض الذى خلقت له، خصوصا فى الصناعة. هذا وقد ثبت علميا، أن الحياة الحيوانية تستفيد بنسبة ضئيلة من العناصر الثقيلة. وبعض هذه العناصر لها أهمية غذائية للنبات وتسمى بالعناصر الغذائية الصغرى (أو الثانوية) مثل الزنك والمنجنيز والحديد والنحاس، وهناك عناصر تفيد الحيوان مثل الكروم والنيكل. أ ما عناصر الرصاص والزئبق والكادميوم فليس لها دور واضح (حتى الآن) فى تغذية النبات أو الحيوان أو الإنسان، وإن كان بعضها يدخل فى صناعة بعض الأدوية.

وتعتبر العناصر الثقيلة من الملوثات إذا زاد تركيزها عن حد معين؛ حيث يبدأ ظهور أثرها السام على النبات، وحتى لو لم يتأثر محصول النبات بالتركيز العالى لهذه العناصر الثقيلة فإن النبات قد يمتص كمية من هذه العناصر تصل لمستوى إحداث الضرر للإنسان أو الحيوان الذى يتغذى على هذا النبات. وتختلف العناصر الثقيلة فيما بينها إلى حد كبير فى سلوكها وتركيزها الضار، وكذلك فى أثرها على كل من النبات والإنسان والحيوان؛

وذلك لإختلاف صفات هذه العناصر، وخصوصا فى درجة تأكسدها واختزالها وسلوكها المتباين فى التفاعلات التى تحدث فى التربة.

10.2. التلوث بالرصاص

الرصاص معدن ثقيل وزنه الذرى 207.2 ، رمادى اللون، وينتمى إلى مجموعة المعادن الخطرة على الأحياء، وأملاحه غير العضوية كالأكاسيد والكبريتيد لا تذوب فى الماء، أما الكلورايد فسريع الذوبان فى الماء. ويوجد الرصاص فى القشرة الأرضية عموما بنسب ضئيلة جدا تقدر بالميكروجرامات (جزء فى المليون) وهى نسب يمكن تحملها، أما فى مناطق الاستخراج (والتصنيع) فيوجد الرصاص بنسب ملموسة، ومع ذلك يبقى المصدر الذى يمثل خطورة على البيئة هو استخداماته فى الصناعة، كما فى صناعة البطاريات وتخزينها، الكابلات، والمصابيح، وفى الأنابيب والطلقات، وقلويات الرصاص كرباعى ايثيلات الرصاص الذى يضاف للبنزين لرفع "رقم الأوكتين"، وتخرج نواتجه مع عادم السيارات، وعمليات الصهر، وحرق المواد المطلية بالرصاص وغيرها.

ومع أن التسمم بالرصاص وأعراضه مثل القىء، والإمساك ، وفقدان الشهية، كانت معروفة منذ آلاف السنين، إلا أن تصنيف الرصاص كملوث خطر وواسع الانتشار لم يحدث إلا فى النصف الثانى من القرن العشرين. ورغم أنه لم يثبت أن الرصاص مادة مُسرطنة، فذلك لا ينفى بقية الأضرار الأخرى التى يسببها، إذ يؤدى تركيز الرصاص العالى فى ماء الشرب وهواء التنفس إلى حالات شديدة من التسمم تسبب إتلاف الدماغ وشلل الجهاز العصبى المركزى، واضطرابات فى الكلى والكبد، وانخفاض دورات الحمل وتعدد حالات الإجهاض عند النساء ، وتقليل خصوبة الرجال، وتشويه الأجنة[12].

ومع أن الرصاص يصل للجسم عن طريق الطعام والشراب والتنفس، لكننا سنركز فى العرض هنا على ما يدخل للجسم مع الهواء الملوث؛ حتى لا نخرج عن موضوع الكتاب.

هذا مع العلم بأن نسبة كبيرة من رصاص الطعام والشراب تصل إليهما عن طريق الهواء؛ لأن ذرات الرصاص تتساقط من الهواء على الرطب واليابس (البر والبحر). والرصاص المتساقط على التربة لا يستقر على سطحها بل ينفذ إلى أعماق تصل إلى 30 سم، وأيضا يتجمع الرصاص على أوراق النبات وجذورها، ولا ينتقل من منطقة إلى أخرى فى جسم النبات.

وتبين القياسات أن هواء المدن الكبرى يحمل ما بين 2 و 4 ميكروجرام فى كل متر مكعب ، وتهبط هذه النسبة، فى الضواحى والأرياف والمناطق البعيدة الغير صناعية والتى لا تزدحم بالسيارات، إلى 0.2 ميكروجرام/متر مكعب هواء، وكما ذكرنا قبلا فعوادم بعض السيارات تحتوى على قلويات الرصاص. وبما أن الإنسان يتنفس من الهواء ما يزيد متوسطه عن 20 متر مكعب يوميا، فإن ما يدخل الجسم من الرصاص كل يوم يتراوح بين 40 و 80 ميكروجرام، لكن من الصعب أن نحسب بدقة كمية الرصاص التى تدخل جسم معين يوميا؛ لأن ذلك يتوقف على تركيز ذرات الرصاص فى الهواء وعلى نسبة الامتصاص التى تدور حول 30٪. وعلى أفضل الأحوال فى المدن، فإن ما يدخل الجسم مع الهواء الملوث هو نحو 12 ميكروجرام يوميا، بفرض أن تركيز الرصاص بالهواء هو 2 ميكروجرام/ متر مكعب. وقد دلت الأبحاث فى بريطانيا على أن تركيز الرصاص فى الهواء على جوانب الطرق الرئيسية يكون حوالى 2.5 ميكروجرام/متر مكعب، أما فى المناطق البعيدة عن حركة السير فيكون فى حدود 0.25 - 1.2 ميكروجرام/متر مكعب هواء.

أما فى الولايات المتحدة فيتراوح المعدل السنوى من 1 إلى 3 ميكروجرام فى المناطق المزدحمة، ويكون فى حدود 0.01 - 0.5 ميكروجرام/متر مكعب هواء فى الأماكن البعيدة؛ ويقل تركيز الرصاص فى المستويين الأفقى والرأسى كلما ابتعدنا عن مصدر انبعاث العادم.

ومع أن جميع أعضاء الجسم تحتوى على شيء من الرصاص، إلا أن ما نسبته 90٪ يتجمع في العظام، ويحتوى الدم فى الظروف العادية على نسبة ضئيلة جدا من الرصاص، ولكن يبلغ تركيز الرصاص فى الدم، عند من يتعرضون لعادم السيارات بكثرة (كعساكر المرور)، إلى حدود 10 - 30 ميكروجرام لكل 100 جرام من الدم، وإذا وصل هذا التركيز إلى 40 ميكروجرام أو أكثر فإن ذلك يجب أن يستنفر المعنيين حتى ولو لم تظهر أعراض تسمم.

11.2. التلوث والقيم السائدة

تلوث البيئة بجهل بعض البسطاء وسلوكياتهم التقليدية (شبه المبرمجة)، لكن تلوث البيئة بسبب مايمى بالتطور التكنولوجى وبسبب مغالاة المترفين أشد، ومن هنا تأتى أهمية الوعى وتتضح دور القيم السائدة، بين الناس، فى مكافحة التلوث. فحين يضل سعى الإنسان فإنه يسيء وهو يحسب أنه يحسن صنعا! وما سنقوله فى هذه الفقرة سيكون مستغربا لدى البعض، لكنه يجب أن يقال، وسنحاول تخفيفه وتوزيعه على أجزاء الكتاب.

ونجد مايسمى بالتلوث الاجتماعى متضمنا التلوث الإعلامى والتلوث الثقافى والفكرى والأخلاقى، ونتيجة لذلك تتزايد معدلات الجرائم المتطورة والفساد على مستوى الأسرة والمؤسسة والمجتمع.

إن كل ما نراه فى البيئة من حولنا ليس إلا تصوراتنا التى تتشكل وتتغير ولا تستقر على حال، والحقيقة شيء آخر، وحين يفسد التصور تبدو الأشياء مقلوبة أو معكوسة أو مختلة، ولا يشعر الناس بهذا الخلل بسبب الإلف والعادة. فى الماضى كان التلوث يحدث بجهل، وكانت صور المداخن تُبرز وتُصور فى وسائل الإعلام وهى تنفث الدخان كدليل على النهضة الصناعية، ومفخرة للقائمين على أمر تلك المداخن، وتبين أن العلم كان لا يخلو من الجهل.

وبعد ما تبين الأمر، وظهرت بعض جوانب الحقيقة، وتفاقمت آثار التلوث الصناعى لم يعد الجهل عذرا. والآن تتجلى آثار الصفات السلبية التى تسود بين اللبشر، مثل اللامبالاة والأنانية والغرور والسلبية والتحاسد والنهب، ومحاولات النجاة الفردية .... إلخ. فتجد الشخص يتفنن فى زخرفة وتنظيف بيته من الداخل، ويلقى بالمخلفات فى الشارع! وترى آخر يحرص كل الحرص على الأدوات ويقتصد فى الخامات فى بيته، بينما فى مكان العمل وفى الأماكن العامة يسرف فى كل شىء. ورئيس الشركة يستخدم عدة مرشحات وأكثر من وسيلة لتدقيق تنقية المياه فى بيته الخاص ثم يوافق على صرف مخلفات مصنعه فى الدانوب أو فى التايمز أو فى النيل!

وسط هذه السلوكيات المريضة لا بد وأن يحدث التلوث وتتفاقم آثاره على علم! ومن هنا يتضح مدى أهمية دور التربية والتعليم والثقافة، ودعم القيم السامية والفكر الراقى. فالتطور الصناعى والآلى يجب أن تحكمة القيم والضوابط الأخلاقية التى تحفظ حقوق الآخرين فى العيش آمنين من الأذى والضرر بكل صوره.

أسئلة للمراجعة

1. أذكر أبرز مظاهر التلوث وخصوصا تلك الواضحة للعيان.
2. قارن بين التقدم والتطور.
3. مالمقصود بالبيئة فى المفهوم العصرى؟
4. عرف المحيطات التى تلف الكرة الأرضية.
5. ما أهمية المحيط الحيوى؟
6. أذكر جانب من تحذيرات ربنا (جل وعلا) المتعلقة بالبيئة؟
7. أذكر خمسة من العناصر الضارة وأثرها على الإنسان.
8. ميز (بأمثلة) بين التلوث المادى والتلوث اللامادى.

9. أذكر خمسة أسباب يمكن أن تسبب الزلازل.

10. وضح أبعاد مشكلة الألغام المزروعة فى مساحات شاسعة من سطح الكرة الأرضية.

11. أذكر الأسباب الرئيسية للتلوث الزراعى.

12. إشرح (بإيجاز) أبعاد قضية تلوث المياه.

13. ما المقصود بالتلوث البصرى وكيف يمكن مكافحته؟

14. أذكر عشرة أمراض يمكن أن يسببها التلوث للإنسان.

15. أذكر ثلاثة من العناصر الثقيلة ووضح علاقتها بالتلوث.

16. ماعلاقة القيم السائدة بقضايا التلوث؟

3. النظام البيئى

بتصورات وإنتاج العقل البشرى أولا، ثم بجوارح الإنسان ومعداته ثانيا، يتم تطوير البيئة، والإنسان بعضلاته لا يمكنه أن يخلق ذرة، لكنه بنور عقله ونشاط فكره وحسن تصوره يمكنه أن يبدع آيات الجمال المادى والمعنوى؛ فبعقولنا نرى ما نرى من الوجود، أو نتصوره ؛ فما الوجود فى عقولنا إلا تصوراتنا له. أى أن ما نعرفه عن الوجود هو تصوراتنا المختلفة (والمتواضعة) له، وبقدر صحة التصور ونوعية العلم يكون عمق الوعى وصحة الإدراك، والقرب من الحقائق، وبالتالى رقى الأهداف والسلوك والتعامل الواعى مع البيئة، بحسن توظيف الموارد والقوانين الطبيعية. والقضية الرئيسية لسيكولوجيا التصور هى: كيف نتمكن بمنظومة التصور أن نستخلص صورا موثوق فيها، بخصوص ما يحيط بنا، وعن الأمور التى تهمنا أو تعنينا؟ ذاكرين أن ما فرحنا بتحقيقه بالأمس نرفضه اليوم!

ومن هنا تبرز مسألة مدى الثقة فى صحة تصوراتنا وتطوراتها، والقواعد التى نسير عليها، وفهمنا للحياة ودور الإنسان فيها، وبالتالى سلامة توجهاتنا فى التعامل مع البيئة التى نحيا فيها، واتجاهات تطويرها؛ فكل فرد منا يتصور الوجود بعقله وطريقته، أما الكمال فى تصور الحقيقة المطلقة للوجود فبعيد المنال. ولا يوجد لدى المخلوق تصور كامل الصحة (يقينى) لحقائق الأشياء، رغم ما نعتبره مجازا حقائق علمية كالأبعاد والأوزان ومختلف القياسات والحسابات والأشكال وظاهر القوانين؛ فكلها لا تخلو من عدم اليقين (Uncertainty)، على الأقل من ناحية الثبات للمدى البعيد، فضلا عما لا ندركه بسبب قصور التصورات الشديدة التباين.

ومن التصور ينبثق التصميم، وعلى أساسه تكون نوعية السلوك، فالتصور الشخصى هو المنطلق الأساسى للتعامل مع البيئة، والمساهمة فى تشكيل صورة المستقبل، ولذلك فمن المهم جدا أن نصوب هذا التصور بأقصى ما نستطيع.

النظام (أو المنظومة System) هو مجموعة الأشياء (المنظومة) المتفاعلة ذات الصلة المتبادلة والمشمولة بالدراسة أو الاعتبار، والتى تعمل مع بعضها كوحدة متكاملة لتحقيق هدف مشترك. ويسرى هذا المفهوم على النظام البيئى أيضا. والنظام البيئى العالمى يشمل الكرة الأرضية بما عليها، وفيما يلى نورد بعض البيانات الخاصة بها باعتبارها البيئة الأم بالنسبة للإنسان. وذلك من أجل تصور بعض الجوانب الهامة للبيئة.

1.3. الأرض

لفظ الأرض يتحدد معناه من سياق النص. ففى كلام الفلاح المقصود بالأرض هى التربة التى يزرعها، وفى لغة ربة البيت الأرض هى أرضية المسكن. وفى الذكر الحكيم يقصد بها أحيانا الكرة الأرضية بما عليها أو الكوكب الأرضى، وأحيانا التربة الأرضية. وهكذا يكون الحال فى هذا الكتاب، المقصود بلفظ الأرض يفهم من السياق.

الكرة الأرضية كيابسة وبحار محاطة بما يسمى الغلاف الجوى عديد الفوائد. ويمكن تصور الكوكب الأرضى على أنه مجموعة من الكرات المتداخلة والتى تغلف كل منها الأخرى، فأولها الغلاف الصخرى ثم يحيط به الغلاف المائى الذى يغطى حوالى ثلاثة أرباع الغلاف الصخرى، ثم يحيط بهما الغلاف الجوى.

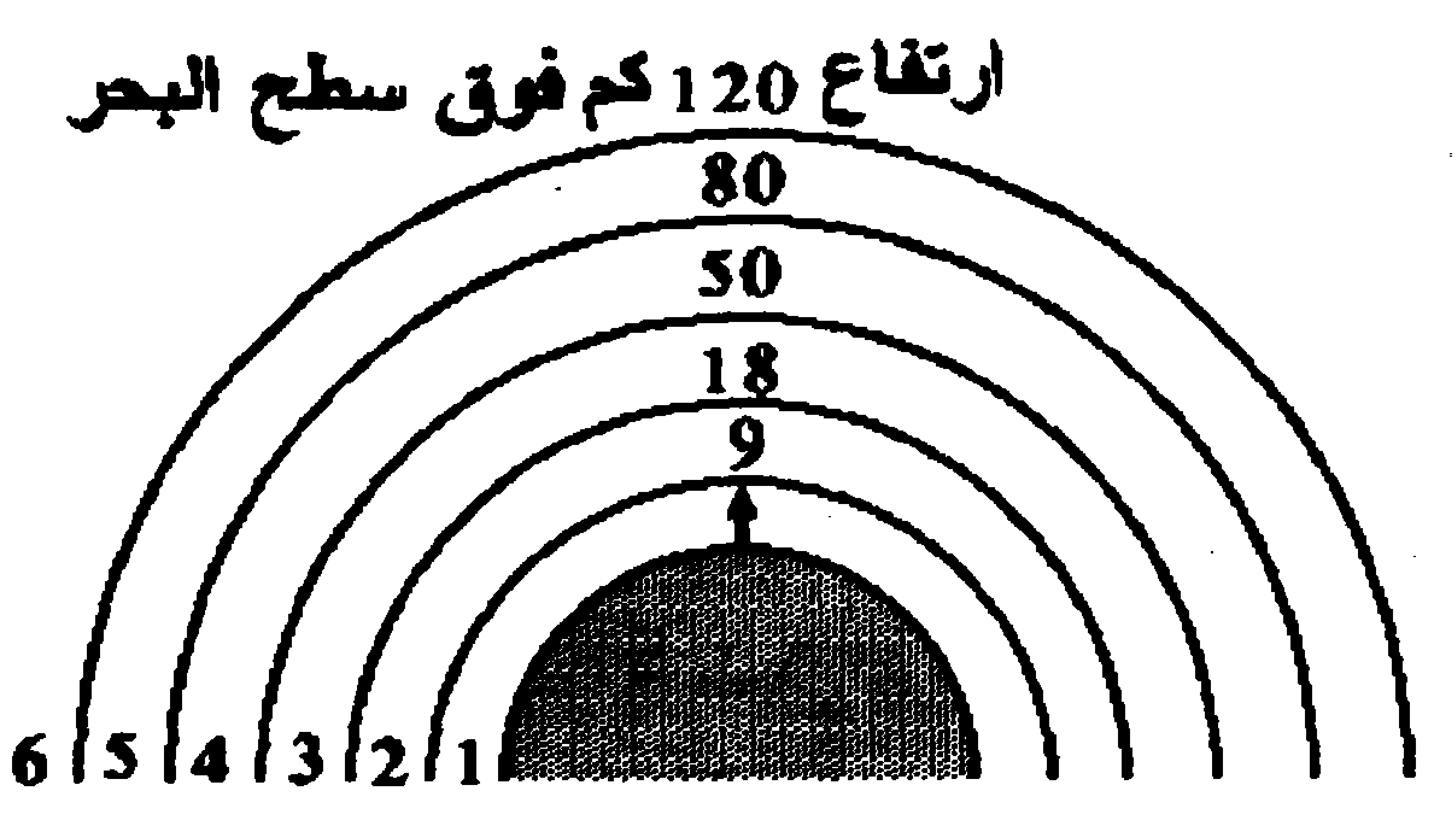
وفيما يلى نذكر بعض بيانات كوكبنا الأضى الذى نعيش عليه. قطر كوكب الأرض حوالى 12756 كيلومتر، وكتلته حوالى $5.9 \times (10)^{21}$ طن. والكثافة فى المتوسط 5.5 . المساحة الكلية حوالى 510 مليون كيلومتر مربع. مساحة اليابسة تمثل حوالى

29٪ ، بينما مساحة المياه تمثل 51٪ ، أما مساحة الجليد القطبى فتمثل 20٪. ويقدر متوسط سمك الجليد فى القطبين بحوالى 270 متر.

وحجم المياه بصورها الجليدية والسائلة والبخارية فتقدر بحوالى 1300 مليون كيلومتر مكعب، النسبة العظمى منها فى البحار والمحيطات (97.29٪) محفوظة من التلف بسبب ملوحتها. والجليد القطبى يمثل 2.09%، والمياه الجوفية 0.6054، ومياه البحيرات والأنهار 0.0144، والبقية 0.0002% توجد كبخار فى الغلاف الجوى.

2.3. طبقات الغلاف الجوى

يتميز الغلاف الجوى برقته المتناهية، كما انه دائب الحركة، ويؤثر بشدة فى ظروف البيئة المحيطة بنا. وكان تصور الناس فى الماضى أن الغلاف الجوى يتسم بالتجانس فى طبقة واحدة ينساب فيها انخفاض الضغط ودرجة الحرارة، ولكن الدراسات الحديثة بينت أن الغلاف الجوى يتكون من عدة طبقات متباينة ومميزة عن بعضها، وتتقلب فيها درجة الحرارة من التناقص إلى التزايد ثم إلى التناقص مرة أخرى، وهذا أمر عجيب ووراءه قدرات وحكم بالغة.



شكل (1.3). تمثيل طبقات الغلاف الجوى لكوكب الأرض.

وهذه الطبقات الست موضحة فى شكل (1.3)، ووصفها كالتالى:

1. **طبقة الأتموسفير (Atmosphere)**: وقد تسمى الغلاف السفلى، وتبدأ من سطح الأرض إلى ارتفاع 9 كيلومترات. فى هذه الطبقة يقل الضغط ودرجة الحرارة كلما بعدنا عن سطح الأرض، فيصل الضغط فى نهايتها العلوية إلى حوالى 0.5 كج/ سم^2. ومزيد من التفاصيل بهذا الخصوص موضحة فى الفصل التالى.
2. **طبقة التروبوسفير (Troposphere)**: وتشغل مابين ارتفاعى 9 و 18 كيلومتر، وفيها تتكون الظواهر الجوية والسحب والأمطار والجليد، وتقل درجة الحرارة تدريجيا حتى تصل إلى سالب 55 درجة مئوية، وكذلك يتناقص الضغط حتى يصل إلى حوالى 0.05 كج/سم^2 عند ارتفاع 18 كيلومتر. وتحتوى طبقة التروبوسفير على نسب كبيرة من بخار الماء والأكسجين وثانى أكسيد الكربون، ونظرا لشدة برودتها فإنها تدخل فيما يسمى بالغلاف الزمهريرى.

3. **طبقة الستراتوسفير (Stratosphere)**: من ارتفاع 18 إلى 50 كيلومتر ،وفيها تنشأ الرياح.
4. **طبقة الميزوسفير (Mesosphare)**: توجد ما بين ارتفاعى 50 و 80 كيلومتر، وهى طبقة الدوامات الهوائية الشديدة وتدخل فى فيما يسمى بالغلاف الحرارى نظرا لسخونتها.
5. **طبقة الأيونوسفير (Ionosphere)**: وتقع فى المدى من 80 إلى 120 كيلومتر، وهى منطقة ساخنة وتعكس موجات الراديو إلى الأرض.
6. **طبقة الإكسوسفير (Exosphere)**: وهى ما بعد الأيونوسفير.

3.3. تصور النظام البيئى

التصـور الكـامل يسـتحيل علـى المخلـوق؛ لأن كمـال التصـور يسـتلزم إحاطـة الدمــاغ (المحدود) بما لا يحد من العوالم. ورغم ذلك فمن المسلم به - فى تصورنا - أن البيئـة فـى حد ذاتها غير عاقلة، لكن من المؤكد أن ما يحدث فيها يتم وفق النظم البديعـة والنواميـس الحكيمة التى قدرها الخلاق العليم - سبحانه وتعـالى. ومـن المسـلم بـه أيضـا أنـه يتعـذر الانتصار على البيئة أو التغلب على قوانينها (نواميسها)، وعلى ذلك فالتعامل العـاقل مـع البيئة يكون أساسه التوافق وليـس المواجهـة. فالبيئـة إنمـا خلقـت مسـخرة لتحتضـن حيـاة الإنسان وليست لمعاداته، والتعامل الواعى مع البيئة (وفــق قوانينهـا) يحقـق للعـاقل أقصـى درجات الراحة الممكنة، نفسيا وجسديا، فماذا يطلب العاقل وراء ذلك!

وأساس النشاط البيئى الصحيح هو اتباع أسلوب التدوير الرشيد، ولله المثل الأعلـى **﴿الله يبدأ الخلق ثم يعيده﴾** ، وهذا مـا سمـى مؤخـرا بأسـلوب التدويـر (Recycling). وفـى هدى المثل الأعلـى نجـد أن مخلفـات النظـام الطبيعـى (Natural system) تسـلك فـى دورات متتابعة يتشابك بعضها مع البعض الآخر تشابكا تعاونيا متوازنا وحميدا، ومخلفـات بعض الكائنات هى المغذيـات (Inputs) المثلـى للبعـض الآخـر. فـالنواتج النباتيـة (صلبـة وسائلة وغازية) هى مغذيات الحيوانـات والبشـر، والمخلفـات الصلبـة والسـائلة والغازيـة للحيوانات والبشر هى مغذيات ممتازة للنباتات، والدورة الطبيعية للمياه تغسل كــل ذلـك وتطهـره باسـتمرار. وكـل كـائن حـى يمكـن أن يجـد فرصتـه فـى دورات الحيـاة دون أن يستهلك ذرة واحدة، ومـا أشبه جسـد الكـائن بـالممر الـذى تعـبره الـذرات والجزيئـات بسرعات مختلفة دون أن تفنى.

وفى المقابل نرى الإنسان وقد طغـى، وبـدأ باسـم التقـدم التقنـى (والحداثـة) يفسـد هـذا التدوير ويعاكسه بدلا من أن ينميه ويتوافق معه، فدخل باسم التقنية فيمـا يشـبه الحـارات المغلقه محاصرة مخلفات نشطاته الفتاكـة، وأصبـح يبحـث عـن المخـرج مـن هـذا المـأزق.

والمخرج يتمثل فى تصميم النشاطات ضمن دورات متكاملة يغذى بعضها بعضا. وجدير بالذكر أن الغالبية العظمى من المواد يمكن تدويرها إلى مـا لا نهايـة، حتـى مخلفـات البنـاء ونواتج الهدم وتكسير الخرسانة يمكن إعادة تدويرهافى دورات حميدة[4]. ومن الأمثلة التـى شاعت وأثبتت جدوى التدوير بإعادة الصهر والصب، المخلفـات المعدنيـة والبلاسـتيكية. ولا يفهم من ذلك أن كل عمليات التدوير مربحة، بل إن بعضها مكلف جدا فـى الوقـت الحاضر

4.3. هندسة البيئة

المهندس هو القائد المنطقى المؤهل لحـل المشـاكل، وذلـك لمقدرتـه علـى تحديـد الأبعادهـا والتحليل واقتراح المعالجات الممكنة وتقييم العواقب. والبيئة (Environment) هـى كـل ما يحيط بالإنسان ويؤثر فيه بشكل مباشر أو غير مباشر، وعلى ذلك فالبيئة تشـمل الهـواء والماء والأرض والكائنات الحية والجمادات، أى أنها تشمل كل الموجـودات التـى يتعـامل معها الإنسان.

والهندسة البيئية يمكن تعريفها على أنها فـرع الهندسـة المعنـى بحماية البيئـة مـن التأثـيرات الضارة الناتجة عن الأنشطة البشرية، وحماية البشر من العوامل البيئيـة المعاكسـة، وكذلـك تحسين نوعية البيئة لتكون فـى صـالح صحـة وسـعادة الإنسـان الـذى هـو خليفـة الله فـى الأرض.

والإنسان كأبرز مفردات النظام البيئى (Environmental system) يتفـاعل مـع البيئـة أحيانا بجهالة وبشكل معاكس لنواميسها، بما يسببه من مؤثرات ضارة وملوثة للبيئة. ففهم طبيعة البيئة وكيفية التعامل الصحيح معها يعد متطلبـا أساسـيا لفهـم دور المهنـدس المهتـم بقضايا البيئة (Environmental engineer)، وبدون هذا الفهـم يتعذر التعامل الصحيح مع البيئة.

نظرا لسهولة الحياة فى الماضى فقد كان الإنسان يصنع الشىء حين يشعر بأنه قادر على صنعه، ولايشترط فى ذلك أن يكون هذا الشىء ضروريا للحياة أو مربحا، بمعنى أن المقدرة (الجدوى الفنية) وحدها كانت تكفى للتحفيز للصنع أو لتنفيذ الفكرة، ربما من أجل إثبات الذات. ومن أمثلة ذلك بناء الأهرام فلا يُعرف سببا اقتصاديا أو ضرورة حياتية تبرر تنفيذ مثل هذه المشاريع البالغة الضخامة. وأيضا فى بداية صنع المحركات البخارية فلم تكن اقتصادية ولاتبدو ضرورية فى زمانها، لكن كانت هناك رغبة فى صنعها ولو من باب إبراز المقدرة.

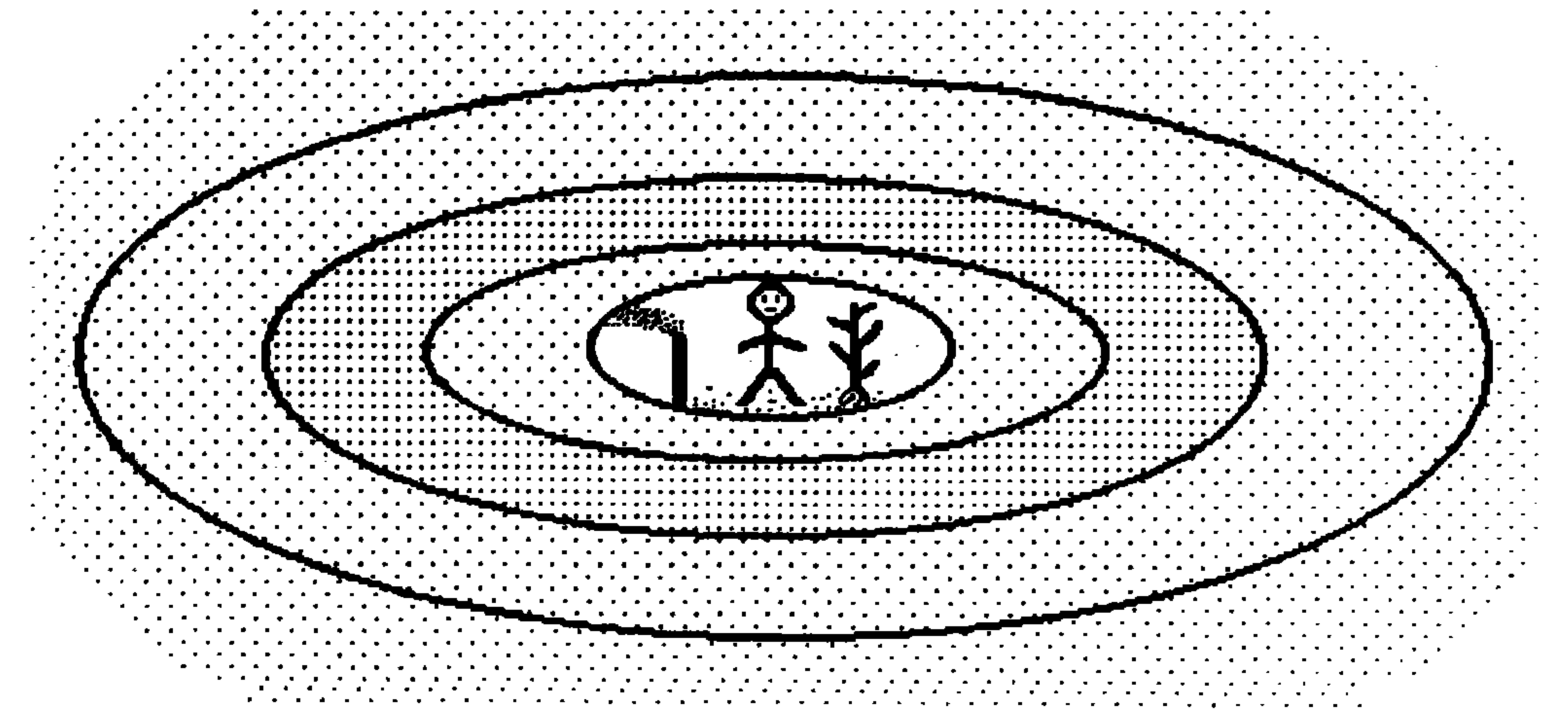
وحين شعر الإنسان بندرة بعض الأشياء وكثرة مطالب الحياة بدأ التفكير فى الجانب الاقتصادى للمشروعات، وتوجه التنفيذ نحو المشروعات المربحة أو المفيدة تاركا المشروعات القليلة الفائدة حتى ولوكانت ممكنة. أى أن المعايير كانت فى الأساس اقتصادية وفنية، فكان الأساس هو التأكد من الجدوى الفنية والجدوى الإقتصادية.

وفى العقود الأخيرة اتضح للإنسان أن الربح يمكن أن يكون على حساب البيئة، بسبب ماتفرزه بعض المشروعات من نواتج تفسد البيئة، ممايعنى تخريب المستقبل لحساب الحاضر، بسبب التعجل وقصر النظ وعدم تدبر العواقب. وذلك يدل على أن فهم الإنسان للبيئة والحياة كان ضعيفا (أو قليلا). ومن هنا بدأ يتبلور علم هندسة البيئة، الذى يهدف إلى الحفاظ على البيئة وأيضا تحسينها بقدر الإمكان. وهذا يتضمن دراسة الجدوى البيئية للمشروعات بالإضافة للجدوى الفنية والاقتصادية قبل إقرار المشروع.

5.3. مكونات النظام البيئى

النظام البيئى يشمل كل مكونات البيئة، وبغرض الدراسة يمكن أن نتصوره فى عدة محيطات تبدأ بأقرب الأشياء للإنسان ثم تتسع المحيطات إلى مالانهاية، كما هو ممثل فى شكل (2.3). وبالطبع كلما بعد المحيط كلما قل تأثير مكوناته على المحيطات البعيدة، والعكس بالعكس، فالتأثيرات تكون أشد بين المحيطات المتجاورة. ووفقا لنظرية النظم

فكل محيط يتبادل التأثيرات مع المحيطات المجاورة، والمحيط الأعلى تكون لـه السيطرة على المحيط الأدنى، والعزل الكامل يبدو مستحيلا، فلابد وأن تنفذ نسبة من التأثيرات المتبادلـة، وفى الغالب فالحدود بين هذه المحيطات تعتبر وهمية أكثر منها حقيقيـة؛ لأن التداخـل هـو الأصل.



شكل (2.3). تتابع وتداخل المحيطات البيئية.

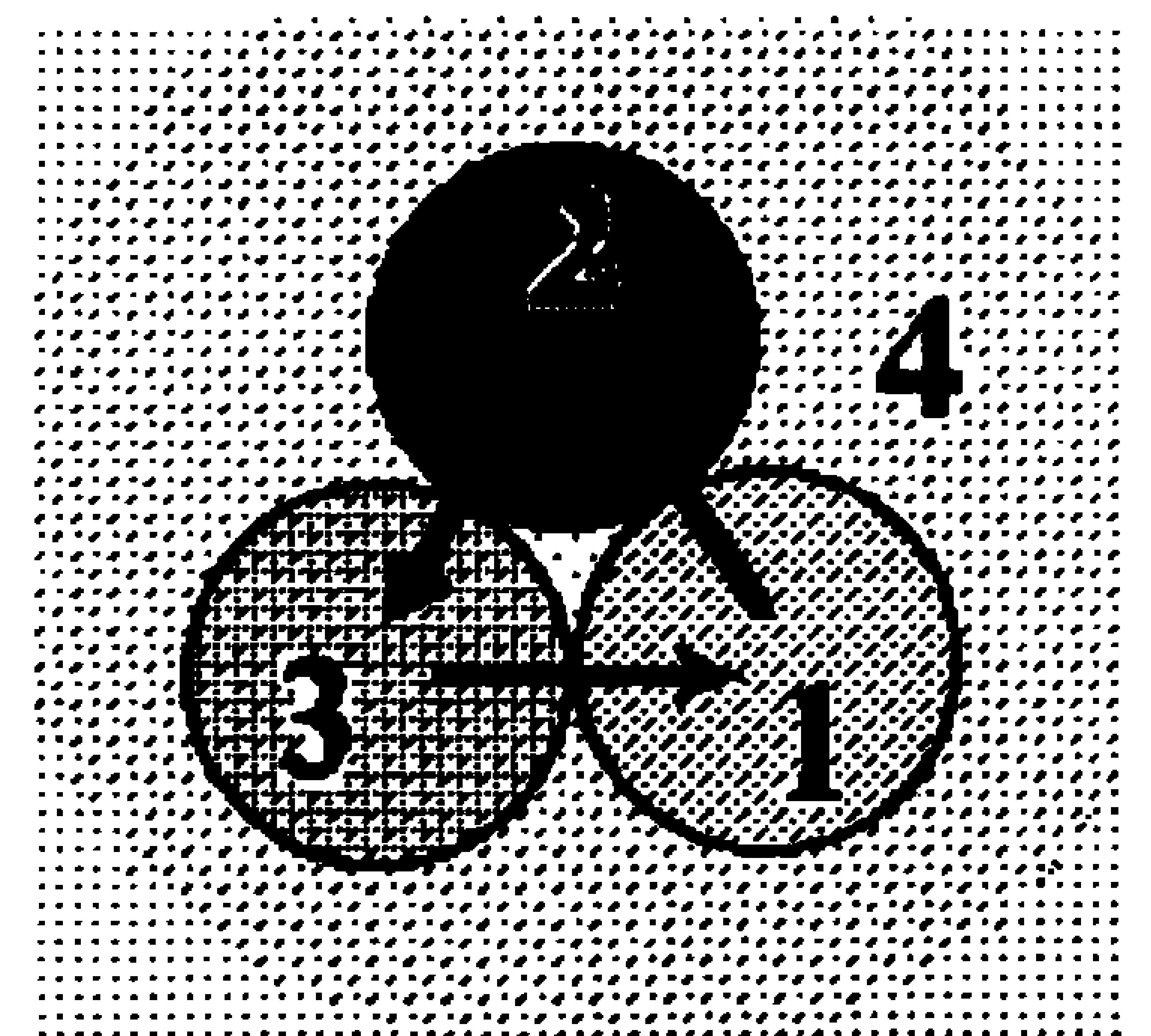
ومن ناحية أخرى يمكن تقسيم النظام البيئى (وظيفيا) فى محيط الكـرة الأرضيـة إلى أربعـة عناصر (أو مجموعات) رئيسية كالتالى:

1. عناصر الإنتاج: وأبرزهـا النباتـات بكـل أنواعهـا بـدءا مـن الطحـالب إلى الإشـجار العملاقة ومرورا بالمحاصيل الزراعية والأعشاب والمراعى وغيرها. وهذه الأحياء تستخلص غذائها من الأرض بنفسها فى وجود الماء الذى هو أساس الحياة. وهذه المجموعة الإنتاجية تعمل (تنتج) بأسلوب انتقائى معجز. بمعنى أننا نجد - مثلا - فى نفس التربة نبات الفلفل الحار يجاور شجرة العنب **ويسقى بماء واحد**، لكن كـل منهمـا ينتقـى مـن عنـاصر التربـة مايلزم لتأدية وظيفته الفريدة المرسومة له، وحين تكون عناصر التربة غير مناسـبة لـه يذبـل

ولاينتج. وعناصر هذه المجموعة هى أول مايتأثر بتلوث البيئة، ويسرى أثر هذا التلـوث إلى باقى المجموعات.

2. عناصر الاستهلاك: وتشمل الحيوانـات بأنواعهـا المختلفـة بمـا فيهـا الإنسـان. وهـذه المجموعة لاتملك إمكانية انتقاء العنـاصر اللازمـة لحياتهـا مـن التربـة، ولذلـك فهـى تعيـش أساسا على ماتنتجه المجموعة السابقة. ومن عناصر هذه المجموعة من يتغذى علـى بعضـه، كالوحوش التـى تـأكل الحيوانـات الأضعـف. وتـأثر هـذه المجموعـة بتلـوث البيئـة يكـون مضاعفا؛ حيث أنها تتأثر بشكل مباشر بالأتربة والغازات الضارة (مثــلا)، وتتـأثر بشـكل غير مباشر بالتلوث الذى يحدث فى المجموعات الأخرى.

3. عناصر التحلل: هذه المجموعة تشمل كل ما يتسبب فـى تحلـل (أو تحـول) مكونـات البيئة الطبيعية المحيطة بها. ومن أمثلة ذلك البكتريا والفطريات وبعض أنواع الحشرات التى تشارك فى تحلل أجسام النباتات والحيوانـات الميتـة. وهـذه المجموعـة تكمـل دورة الحيـاة (Life cycle) التى تبدأها المجموعتان السابقتان، كما هو مبين فى شكل (3.3).



شكل (3.3). دورة التواصل (التفاعل) الدورى بين المجموعات البيئية.

4. العناصر الغير حية: عناصر هذه المجموعـة تتداخـل بشـكل متشـابك مـع المجموعـات السابقة، وهى تشمل الجمادات كالرماد والصخور وما تحتويه من معادن وكيماويات غير

عضوية، والسوائل كالماء والزيوت، والغازات كالهواء ومكوناته، والطاقة بأنواعها وصورها المختلفة كالحرارة والإشعاع والصوت ....إلخ.

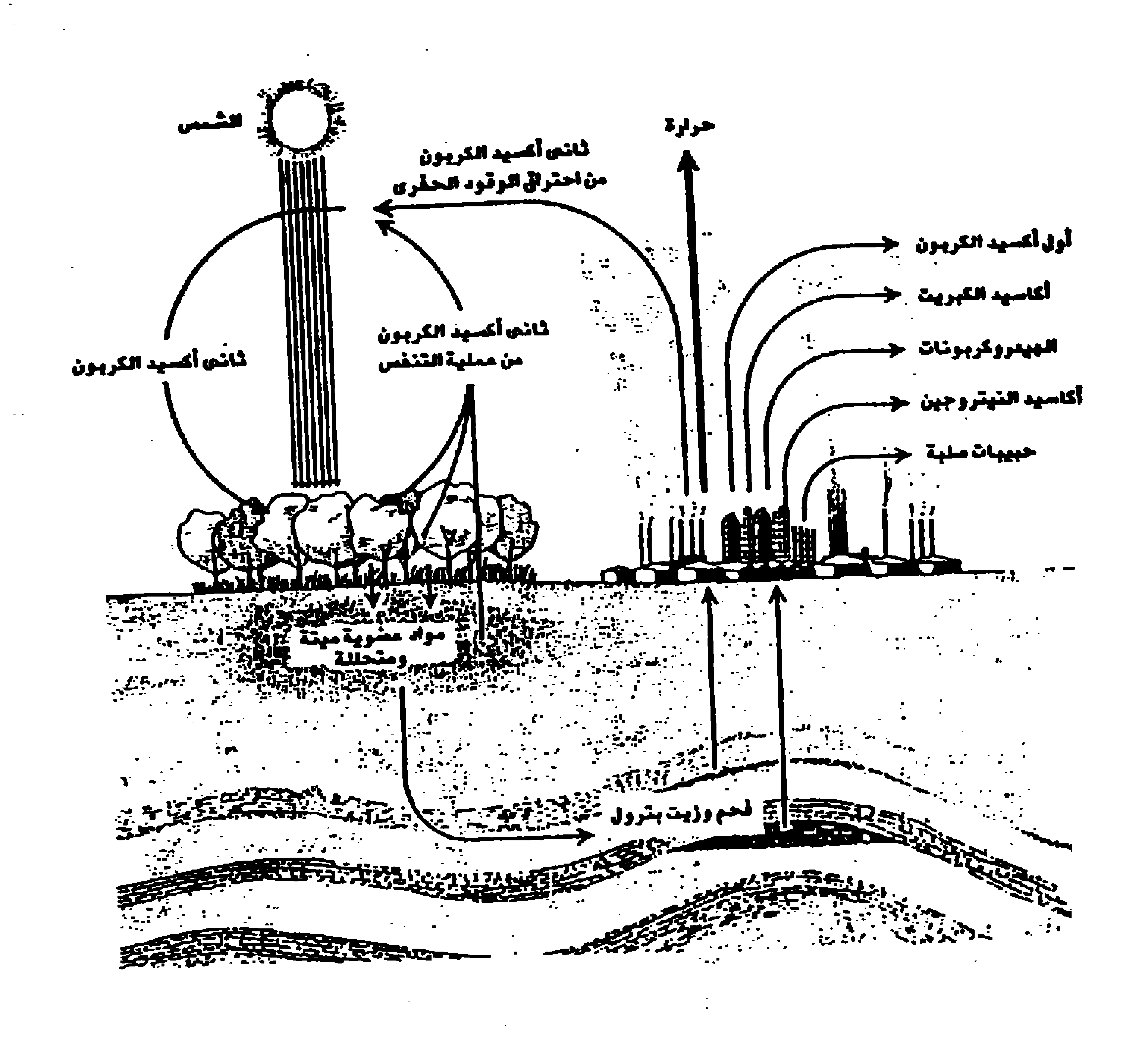
6.3. التوازن البيئى

منذ آلاف السنين والمحيط الحيوى يقوم بوظيفة تحويل (تدوير **Recycling**) مخلفات الكائنات الحية، كما سبق أن أوضحنا. والنظام الطبيعى البديع مسخر فى تشتيت الملوثات الطبيعية، وامتصاص الأدخنة التى تنتج عن حرائق الغابات، ويقوم بتحويل مخلفات النباتات والحيوانات إلى مخصبات للتربة مما يدعم احتياجات الزيادة السكانية المطردة. فعقب كل ملوث يحدث، أو أى تأثير ضار بالبيئة كانت الدورات الطبيعية تقوم بدور المعالج الذى يمكن الطبيعة من استرداد عافيتها وصلاحيتها للحياة، وتلك أبرز صور التوازن البيئى. ولكن فى السنوات الأخيرة تأكد أن حجم الأنشطة البشرية الضارة يفوق الطاقة التصحيحية الطبيعية للمحيط الحيوى كما هو ممثل فى شكل (**4.3**). ومن المؤسف أن معظم الأنشة البشرية الضارة بالبيئة غير ضرورية، وتندفع بمعدلات مسرفة، ومن هنا برزت المشكلة، الإنسان يندفع فى الاتجاه المهلك بلاضرورة!!

الملوثات التى تفرزها الأنشطة البشرية - بجهالة - تفوق طاقة (أو قدرة) المجال الحيوى على تدويرها، وتلك هى حالة التحميل الزائد (**Overload**) للمحيط الحيوى أو اختلال التوازن (**Equilibrium**). مما أرهق المحيط الحيوى وأضر بصلاحيته للاستمرار فى تأدية دورة كما ينبغى، وتلك حالة من حالات الفساد الكبير.

وأشد الأنشطة إفسادا للبيئة هى الأنشطة الصناعية الغير ضرورية ومايلزمها من أنشطة نقل وتوزيع ومواصلات برية وبحرية وجوية. ومن بين الصناعات يلاحظ أن أضرها بالبيئة هى الصناعات المتعلقة بالزخارف والزينات والترف الزائد، ومعظمها غير ضرورى، ويمكن أن يؤدى الإنسان دوره فى الحياة كاملا بدون هذه الزخارف الزائفة التى ترهقنا ونظل

تخدمها قبل أن تخدمنا. وباستثناء الإنسان المغرور فجميع الحيوانات والأحياء مكتفية بالأغذية والطاقات الطبيعية بلا مشاكل.



شكل (4.3). اختلال دورة العناصر والطاقة فى الكون.

وجدير بالذكر أن الإنسان أو الكائن الحى عموما لايستهلك ولاذرة طوال حياته بل الذرات هى التى تدور فيه ثم تدور فى غيره إلى ماشاء الله - عز وجل. ولم تهبط المواد الضارة بالبيئة من السماء فجأة، بل إنها موجوده فى محيط الأرض وفى صور آمنة منذ ملايين السنين، ولكن الإنسان بغرورة هو الذى هيجها ووضعها فى غير مواضعها،

وأخرج مافى باطن الأرض وبعثره على سطحها ومحيطاتها. فما تحتويه الأرض من رصاص أو كبريت أو كربون هو هو موجود فى وداعة منذ ملايين السنين، ولكن فى العقود الأخيرة إزداد عبث الإنسان به فى صناعات تحتاج إلى مراجعة - على الأقل - من الناحية البيئية.

ومن الناحية الاقتصادية والقانونية فمن المهم أن نحدد من هو؟ (وكيف؟) يؤدى بنشاطه إلى الإضرار بتوازن البيئة الصالحة ذات الدورات المتجددة حتى نحمله مسئولية مايفعل. هذا مطلب مثالى لكن كيف ننفذه؟ لابديل للوعى.

7.3. التوافق مع البيئة

ليس من العقل ولا الحكمة أن نقدم على تصرفات أو نقوم بأنشطة معادية لعناصر البيئة أو لدوراتها، ولكنه الجهل. وبداية نذكر أنه يلزم (أولا) تحديد أهداف الإنسان فى الحياة؛ كى تكون قيادة العقل البشرى لتطوير البيئة وإعمار الأرض على هدى، أى أن يوجه النشاط البشرى عموما نحو أهداف مختارة بعناية، وفى ضوء الأهداف نعرف مايلزم وما لايلزم، وما يلزم ننتجه بحيث تكون الآثار الجانبية فى أضيق الحدود.

وحسن تحديد الأهداف يستلزم حسن تصور الوجود والحياة عموما، وهذا هو أساس فكر الرواد الذين يستطيعون إنارة الطريق للنهوض عموما، وبالبيئة خصوصا. فالبيئة هى رحم الحياة ولو فسد الرحم لتعذرت الحياة فيه، ولقد أصبحنا فعلا نواجه أزمات بيئية.

والتطوير الواعى أساسه الفهم والفكر الراقى، فليس كل تطور يعد تقدما. ومن المفاهيم التى أصبحت تحتاج إلى مراجعة - مثلا - أن كثرة استهلاك الخدمات والسلع كالكهرباء والاتصالات والمواصلات، والأسمنت والبلاستيك وخلافه، أصبح يعد من المؤشرات الحضارية، بمعنى أن الشخص الذى يستهلك كهرباء أو أسمنت أو يتكلم فى التليفون أكثر يعد أكثر تحضرا. وأصبحت الدراسات تقارن بين متوسطات الإستهلاكات كمؤشرات

تحضر! إن الأمر ليحتاج إلى مراجعة، فى ضوء التصور الصحيح للحياة، ومن ثم أسس المفاهيم الاقتصادية وأنماط الاستهلاك.

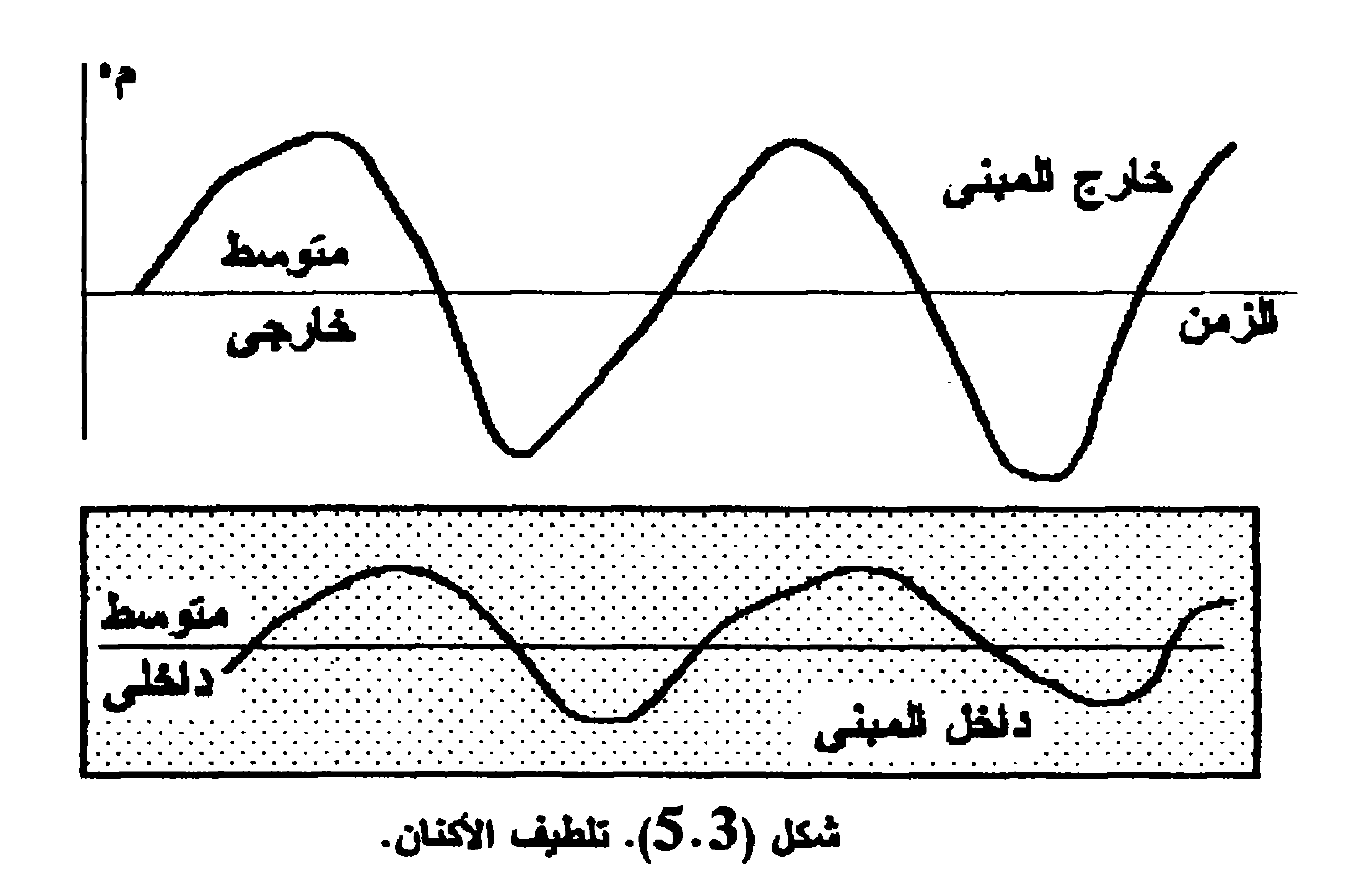
إن الإنسان مخلوق متميز على الحيوان بالعقل، ومطالب الإنسان (العاقل) فى الحياة ليست مجرد الإشباع الحيوانى للشهوات والاندفاع وراء الأهواء العمياء. ولذلك فالتوجه الإنسانى يجب أن يكون نحو المنفعة فى حدود الحاجة دون إسراف ولا مغالاة؛ لأن سلوك المغالاة باهظ التكلفة ومفسد. وليس كل ما يفرزه العلم والتقنية ضروريا للحياة، وقد سبق للحياة - مرارا - أن حققت ازدهارا بمستويات متواضعة من العلوم والتقنية. ومع تقدير ظروف العصر ولوازمة، فلا يجب أن يغيب عن أذهاننا الآثار النسلبية للعديد من التقنيات الحديثة التى تطغى - بالضرر - على مختلف جوانب الحياة. ويتمثل ذلك فيما يسمى بالتلوث بمختلف أنواعه: الكيميائى والسمعى والبصرى والكهرو- مغناطيسى والإشعاعى... إلخ.

إن الكيماويات والعناصر الثقيلة التى يئن الإنسان من آثارها لم تهبط مكوناتها من السماء، بل إنها موجودة فى الأرض منذ ملايين السنين ولكن فى صور وأماكن وتوزيعات تجعلها مأمونة الضرر. ولكن الإنسان بجهلة حولها إلى صور وتركيزات فتاكة؛ لتحقيق أهداف عاجلة دون أن يدرك عواقب ما يفعل. إن التوجة نحو تشييد الأبراج - مثلا - يدعم ظاهرة التكثيف التى تتعارض مع الاستطراق والتوزيع الطبيعيين، والكثير من المتاعب التى نشكو منها هى النواتج الحتمية (التلقائية) لعمليات التكثيف السكانى والصناعى وغيرها، رغم السعة الشاسعة للصحارى الغير معمورة.

إن نسبة لا بأس بها من الآلات التى تدور وأطنان الوقود التى تحرق ليل نهار يمكن الإستغناء التدريجى عنها دون أن تتأثر الجودة الحقيقية للحياة فى عصرنا. ومن الأمثلة البسيطة على ذلك ظاهرة تفشى أجهزة التكييف بدون ضرورة فى أغلب الحالات، ولكن لدواعى الوجاهة والكسل الحيوى والأمراض النفسية الخافية. والقاعدة الأساسية - بهذا الخصوص - تقول: "إنه فى المكان المظلل المفتوح يندر أن يشعر الإنسان فيه بالحاجة إلى

إلى التكييف، وكذلك المكان المحكم العزل يكفيه الحد الأدنى من التدفئة إن لزم الأمر فى بعض الحالات الخاصة".

ومن هنا تبرز أهمية الفقه المعمارى فى مراعاة توفير التصميمات التى تستفيد من تطبيق هذه القاعدة لتسهيل التوافق مع البيئة الطبيعية بأقل تكاليف إنشائية وبدون تكلفة متغيرة (تكلفة التشغيل)، وبلا أضرار بيئية. فالتصميم المعمارى الذكى المحكوم يجعل البناء كمنظم طبيعى (مبسط) لحدة التغيرات المناخية، كما هو ممثل فى شكل (5.3). وكلما كان الإحكام محسوبا كلما أمكن ضبط التغيرات الحرارية فى مدى التغيرات المطلوبة بلطف وبدون تكاليف تشغيل.



شكل (5.3). تلطيف الأكنان.

وقبل تطبيق قاعدة التوافق مع البيئة يلزم تهيئة العقول والأفهام وضبط التصورات؛ لتأكيد فهم أن الخلاق العليم - سبحانه وتعالى - لم يخلق التغيرات المناخية عبثا، بل إن هذه التغيرات العامل الديناميكى المنشط لتجديد كل مقومات الحياة على سطح الأرض

عموما، وهى ضرورية جدا لتنشيط حيوية الجسم البشرى خصوصا، ويؤكد ذلك الفحص الطبى والمعملى المقارن لمن يعيشون شبه طلقاء فى الطبيعة الغفل، ومن يعيشون فى الأجواء المكيفة، فالتفوق الحيوى كان دائما لصالح الفئة الأولى، ولقد أصبح الآن فى مجال الطب ما يسمى بأمراض التكييف. وعموما فمتوسط درجات الحرارة والرطوبة على سطح الكرة الأرضية يقع فى "المدى المريح **Comfortable range**" كما يسميه طلاب الرفاهية الزائدة.

والتغيرات المناخية (المستأنسة) حول هذا المتوسط هى أشبه ما يكون بالتمرينات الحيوية لتنشيط وتجديد خلايا الجسم، وأيضا خلايا بقية الكائنات الحية، ولولا هذه التغيرات ما أزهرت النباتات ولا أثمرت. وجسد الإنسان أو أى كائن حى آخر هو فى حقيقته المادية مبادل مرن للمادة والحرارة، فإن حجمنا هذا النشاط التبادلى نكون قد جنينا على أنفسنا دون أن نشعر.

ومع تقدير الفارق العقلى الهائل بين الإنسان وباقى الأحياء، وبالنظر لمجمل الكائنات الحية عموما، نجد أن الإنسان هو المخلوق الوحيد الذى ركز تفكيره وبذل الجهود المضنية فى سبيل المغالاة فى تدليل جسده، فجاءت النتائج سلبية وممسوخة. وكل الكائنات الحية (غير الإنسان) بجلدها وأوبارها فقط - وبدون أى ملابس - تتوافق حيويتها مع تغيرات الظروف الجوية ونرى أسطحها الخارجية لامعة، بديعة الألوان، متدفقة الحيوية.

إن النظرات الفاحصة بالميكروسكوب الإلكترونى لمقاطع سيقان الأشجار المعمرة - مثلا - توضح تأثير التغيرات المناخية فى إبداع التنوع النسجى لأخشابها، ففحص الحلقات يوضح عمر الشجرة بالسنوات، وفحص التغيرات فى الحلقة السنوية الواحدة يوضح أثر تغير الفصول ثم الشهور ثم الأيام، أى أثر تغير المناخ على مدى اليوم والشهر والفصل والسنة، ولولا هذه التغيرات المناخية لكانت الأخشاب مسخا مائعا، ومثل هذا المسخ

سيكون على المدى البعيد من نصيب الأجيال البشرية التى تتابع فى مناخ المكيفات، التى تعتبر أيضا بيئة مثالية لتكاثر الميكروبات.

إننا لا نطالب بالعودة للحياة البدائية، لكن ننبه لخطورة تدليل الجسد فى إطار التصورات الغير صحيحة للحياة، وتلك قضية ثقافية فى الأساس، ويلزم التفريق بين المناخ الذي يمكن التفاعل الحيوى معه بكفاءة، وبين الظروف شديدة الإحكام اللازمة لحفظ المومياء.

نطالب بمراجعة التصورات على هدى وببساطة وبدون تعقيد. والأمثلة النورانية المادية متوفرة والحمد لله، منها على سبيل المثال:

1- فى وهج الظهيرة وحرها فقد تصرف نبى الله موسى - عليه السلام - ببساطة ﴿ثم تولى إلى الظل﴾.

2- للوقاية من شدة البرد والمطر والريح فالمطلوب ﴿أكنانا﴾ تتخذ أو تبنى بخامات شبه طبيعية ومتيسرة من البيئة القريبة.

3 - لقد ضرب المهندس حسن فتحى - يرحمه الله - المثل فى إبراز روعة البساطة، وكيفية التوافق البديع مع البيئة.

أسئلة للمراجعة

1. عرف كل ممايأتى:

الهندسة البيئية - التوازن البيئى - الهندسة البيئية.

3. وضح الغلاف الحيوى وعلاقته بالمحيطات المختلفة للأرض.

4. إشرح حالة التوازن البيئى وفرق بين التوازن والتوافق.

5. مالمقصود بلفظ الأرض فى مجال البيئة؟

6. صف الكرة الأرضية بإيجاز.

7. وضح بالرسم التخطيطى الطبقات المميزة فى الغلاف الجوى للأرض.

8. ما المقصود بالجدوى البيئية للمشروع؟

9. لماذا اختل التوازن البيئى رغم التقدم العلمى فى وقتنا الحاضر؟

10. ما هى المكاسب التى يمكن أن تعود على الإنسان حين يتوافق مع البيئة؟

11. وضح كيف يمكن أن تتوافق العمارة مع البيئة؟

4. الهواء وملوثاته

الهواء نعمة توجب الشكر لخالقها عز وجل. وباللغة الفنية، الهواء هو الغلاف الغازى المتدرج الضغط والكثافة والذى يلف كوكب الأرض، ويأتى فى مقدمة نعم أرحم الراحمين - سبحانه وتعالى - على الإنسان، وعلى كل الأحياء. هذا الغلاف (الهواء الجوى الطبيعى) مادة بالغة الرقة والشفافية، قابلة للإنضغاط. ويتكون الهواء الجوى من خليط دقيق متوازن من عدة غازات أساسية أوفرها النيتروجين الذى يمثل حوالى 78٪ من حجم الهواء، يليه الأكسجين بنسبة حوالى 21٪، والمكونات الأخرى تمثل فى جملتها ما نسبته حوالى 1٪ من الهواء (الطبيعى)، وهى الأرجون ، النيون، الهيليوم، الكربتون، الزينون، الهيدروجين، بخار الماء، ثانى أكسيد الكربون، والأوزون ... إلخ.

أما الغازات الأخرى مثل ثانى أكسيد الكبريت وثانى أكسيد النيتروجين والأمونيا والميثان، فحين تنبعث من العمليات أو المصادر الصناعية فتعتبر من الملوثات وليست من مكونات الهواء الطبيعى (النقى). وبالإضافة إلى هذه المكونات الرقيقة، يوجد فى الهواء الجوى (الطبيعى) نسب شوائب (ملوثات) متغيرة ومختلفة مثل، التراب والضباب والأدخنة والأبخرة والكربون والمواد العضوية والروائح مما يعكر شفافية الهواء ونقاوته.

والحجم النوعى للهواء ، فى الظروف القياسية، حوالى $0.84\ m^3/kg$.

والهواء النقى فى غاية الأهمية لتنفس وصحة الإنسان؛ لأنه بنقاوته يساعد على الاستشفاء. ولذلك فمن المهم أن تكون المستشفيات فى مناطق لا تعانى من التلوث؛ لأنه لا جدوى من تلقى العلاج فى مناطق تسبب المرض. ومن نافلة القول أن نذكر بضرورة مراجعة مواقع العديد من مستشفيات القاهرة؛ لكى تكون بعيدة عن مصادر التلوث بمسافات كافية.

ومن حكمة العليم الخبير - جل شأنه -أن جعل الهواء الجوى ذاتى التنقية (التنظيف) بواسطة البحار والأمطار التى تغسل الهواء باستمرار، ويتجدد الهواء عن طريق دورات طبيعية وحيوية. واختلال تركيب الهواء يخل بانتظام وكفاءة دورات التجديد والتطهير .

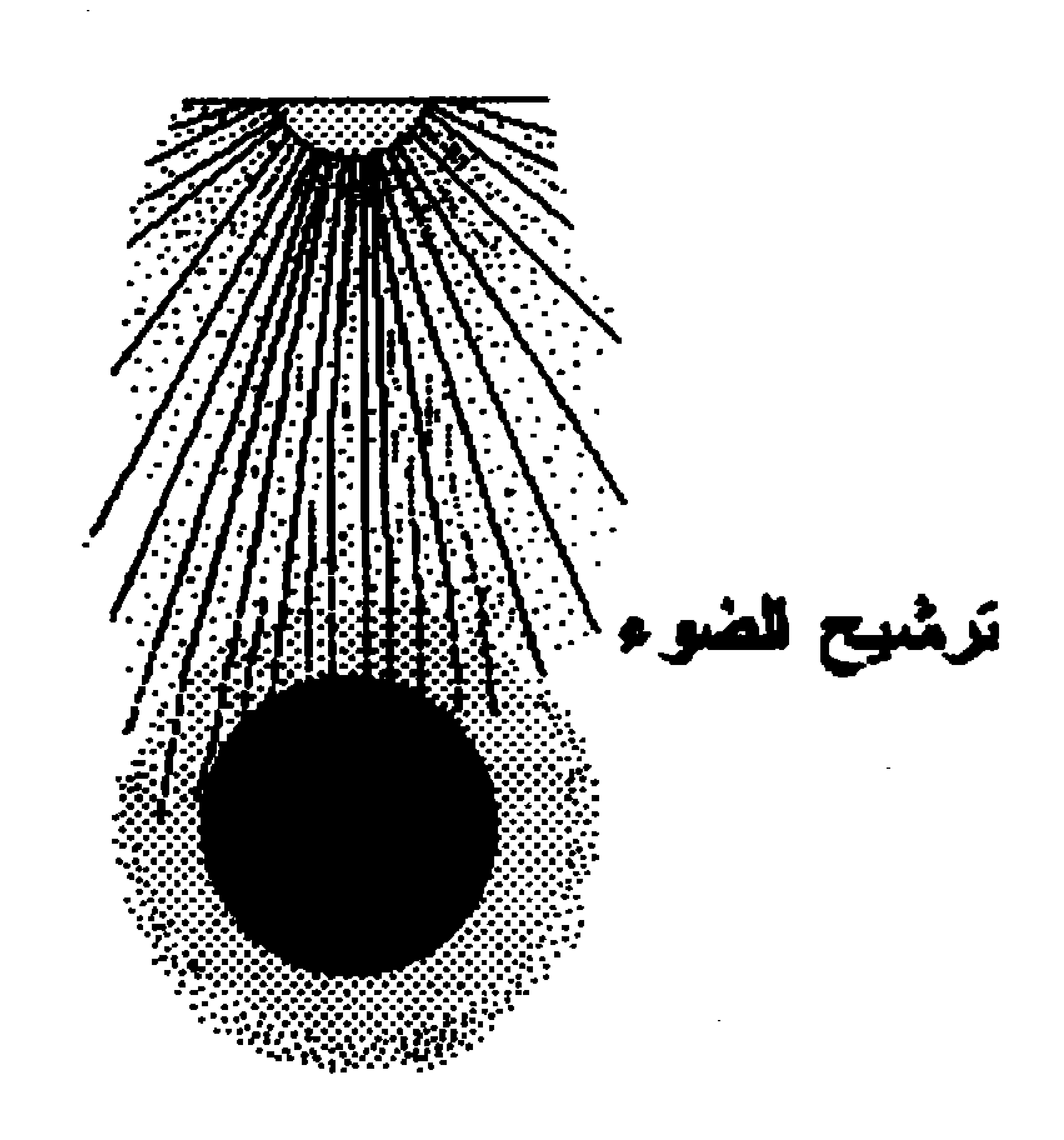
1.4. أهمية الهواء

والهواء هو أهم مادة فى الحياة الدنيا وتستحيل الحياة، ولو لعدة دقائق، بدون الهواء، وهذه النعمة هى أهم مقومات وجودنا التى يجب الحفاظ عليها نقية طيبة، ومن رحمة الله أن جعلها مشاعا بين جميع الخلائق، ولا يشترك الناس فى شىء بدرجة اشتراكهم فى الهواء، فنحن جميعا نتنفس نفس الهواء، وبعض الهواء الذى يخرج من صدرك لا يلبث أن يصل إلى صدرى، وبالعكس. واشتراك الأحياء فى التعامل مع الهواء كاشتراك خلايا الجسد الواحد فى التعامل مع الدم.

ومن الممكن الاستغناء عن الماء والطعام لعدة أيام، أما الهواء فلا. ولا فائدة ترجى من الطعام والشراب لمن يتنفس الهواء الفاسد. والإنسان يحتاج إلى كمية من الهواء الطبيعى (المتجدد) يوميا تتراوح بين 10 متر مكعب فى حالة الاسترخاء والراحة، و 60 متر مكعب فى حالة الشغل العضلى الشاق. ومتوسط حجم الفراغ الهوائى فى رئتى الإنسان العادى حوالى $550\ cm^3$ فى المتوسط، أى أزيد قليلا من نصف لتر. وفى الظروف العادية المستقرة يتنفس الإنسان حوالى 15 مرة فى الدقيقة، وعليه نقول أن الصدر البشرى يسحب حوالى 8.25 لتر هواء فى الدقيقة وهو ما يعادل 11.8 متر مكعب فى اليوم والليلة، وذلك فى الظروف المريحة التقليدية، وليس فى ظروف العمل الشاق أو ممارسة الرياضة العنيفة.

ومن خلال شفافية الهواء نرى الأشياء، وعن طريق الهواء نسمع الأصوات من حولنا. والهواء الجوى يكون الغلاف (السقف) الذى يحمى الحياة على سطح الأرض مما يهددها من الأشعة الضارة والغبار الكونى، والقذائف الكونية (كالشهب والنيازك) التى تتدفق

على الأرض ليل نهار، والهواء هو الوسيط الذى يحتضن الدورة الحرارية الطبيعية التى توزع الحرارة والضغط، فتنتظم المناخ، وتنقى المياة التى تطهر مختلف الكائنات الحية على ظهرالأرض.



شكل (1.4). تمثيل ترشيح الغلاف الجوى لأشعة الشمس.

والغلاف الجوى بتكوينه الطبيعى هو المرشح المثالى لحجز الإشعاعات الشمسية الضارة، والسماح بمرور الأشعة المفيدة للنشاطات الحيوية المختلفة، كما هو ممثل فى شكل (1.4). وأيضا تعمل الملوثات الجوية على خفض الإشعاع الشمسى المباشر، والإشعاع الكلى، وتتعمل الملوثات على زيادة الإشعاع المشتت.

واختلال تركيب الهواء (نتيجة التلوث) يخل بتأدية هذه الوظيفة الترشيحية الهامة، وقد نتج عن ذلك ما سُمى بثقب الأوزون، وحمى الأرض أو "الاحتباس الحرارى".

2.4. ديناميكا جو الأرض

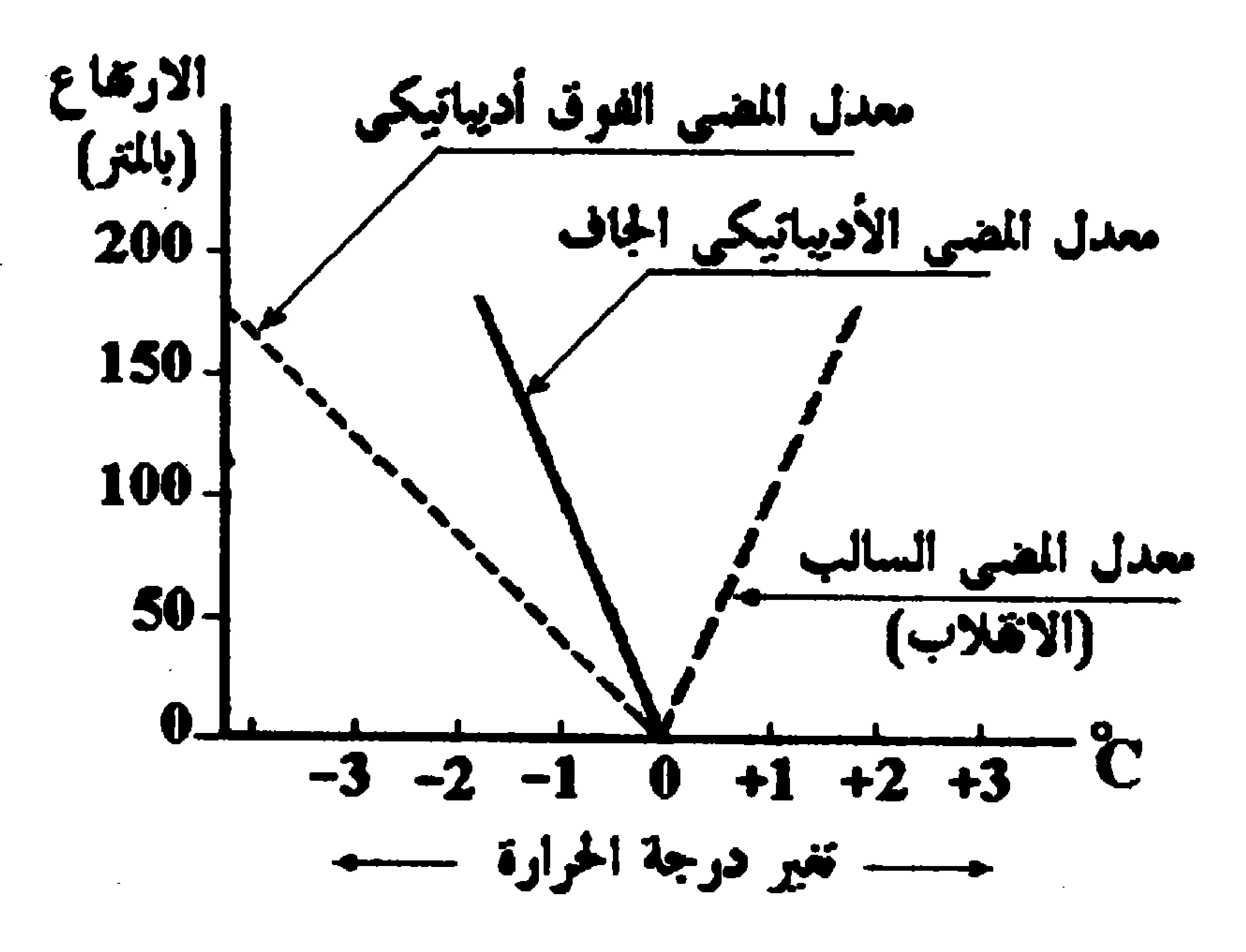
المقصود بالجو هنا هو حال الغلاف الغازى المحيط بالكرة الأرضية، وهـذا الغلاف متباين من حيث التركيب والضغط ودرجة الحرارة، وقد أوضحنا ذلك فى الفصل السابق. وعندما تكون مكونات هذا الغلاف مختلطة جيدا، يبلغ كل من الضغط ودرجة الحرارة أقصى قيمهما بالقرب من سطح الأرض، وكلما ارتفعنا فى طبقة التروبوسفير (Troposphere) تقل درجة الحرارة وكذلك الضغط؛ بسبب التمدد الأدياتيكى نحو الفضاء. ففى حالة الخلط الجيد للهواء الجوى تقل درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة (تقريبا) كلما ارتفعنا مسافة 100متر فى الجو، كما هو ممثل فى شكل (2.4).

هذا الانخفاض في درجة الحرارة، والذى ينتج عن التغيرات العلوية فى الضغط يسمى معدل المضى (الانحدار) الأدياتيكى (Adiabatic lapse rate). وفى أوقات كثيرة، يزيد المضى أو ينقص عن هذا المعدل. وحينما يزيد معدل المضى عن المعدل الأدياتيكى، يقال أن الهواء فوق ادياتيكى (Superadiabatic)، وذلك فى حالة عدم استقرار الجو، ووجود خلط رأسى فعال. وملوثات الهواء التى تنبعث فى حالة الجو الفوق أدياتيكية تُنقل رأسيا وتتشتت بسرعة.

عندما يكون معدل المضى أقل من معدل المضى الأدياتيكى يكون الجو أكثر استقرارا، وينحسر تشتت (انتشار) التلوث. وحينما يصير معدل المضى سالبا، أى أن درجة الحرارة تزداد مع الارتفاع فعندئذ ينشأ انقلاب (Inversion). ومعدلات المضى الممكنة موضحة فى شكل (2.4).

الانقلاب يوجد حالة معكوسة، ويحدث ذلك عندما تتحرك كتلة هواء ساخنة على الهواء الأبرد الذى يأتى تحتها. وطبيعيا فكتلة الهواء الساخن العلوية لا يمكن أن تتحرك خلال (تخترق) الهواء الأثقل البارد الموجود أسفلها، لذلك فهى تتحرك فوقها. الهواء الذى يسخن من الأرض يرتفع حتى يضرب الهواء الأعلى الذى لا يزال ساخنا. وحين تحدث

هذه الحالة، يبدو الأمر كما لو أن طبقا غازيا ممسوكا فوق المدينة، والملوثات تصبح محبوسة بهذا الطبق بالانقلاب. وحين تسكن الرياح تتراكم الملوثات (حول المصدر) لمعدلات عالية مما يسبب أزمة فى المنطقة.



شكل (2.4). معدلات مضى درجة حرارة الهواء الجوى.

انقلابات درجة الحرارة يمكن أن تنشأ من دورة ﴿اختلاف الليل والنهار﴾ المعتادة، خصوصا فى الليالى الصافية. فبعد غروب الشمس يبرد سطح الأرض (اليابسة) بسرعة ميردا الهواء الذى يعلوه مباشرة، وقد يصبح معدل المضى صفرا، أو حتى سالبا نتيجة برودة الهواء السفلى بينما الهواء الذى لا يزال مرتفعا فيظل دافئا. وهكذا ينشأ الانقلاب. وشروق شمس اليوم التالى يسخن الأرض والهواء القريب منها ويزيل هذا الانقلاب. فسبحان الذى ﴿يقلب الليل والنهار ، إن فى ذلك لعبرة لأولى الأبصار﴾ الآية 44،

سورة النور، والآيــة التـى تسبقها (مباشرة) فـى كتـاب الله (جـل وعـلا) تتحـدث عـن الطبقات الجوية وتداخلات السحاب وتولد المطر والبرق.

أشهد ألا إله إلا أنت، خالق كل شيء، سبحانك.

3.4. تلوث الهواء

التوازن الدقيق لمكونات الهواء النقى تم فقدانه فى العصر الحديث؛ بسبب أنشـطة الإنسـان على المستوى العالمى، مما قد يصل بالضرر إلى مسـتوى الكارثـة فـى المسـتقبل القريـب إن استمر السلوك على ما هو عليه حاليا. فتلوث الهواء أصبح خطرا يلف معظـم المـدن علـى سطح الأرض **﴿بما كسبت أيدى الناس ليذيقهم بعض الذى عملوا لعلهم يرجعون﴾**.

✓ وتلوث الهواء يعنى وجود مادة أو أكثر فـى الهـواء بنسـب تختلـف (زيـادة أو نقصـا) عـن المعدلات التى كانت موجودة فى البيئة الطبيعية (الطبيعة الغفـل)، فنقـص الأكسـجين فـى الهواء يضر بصلاحيته للتنفس، وكذلك زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربـون، أو نسـبة المـواد العالقة، أو المواد المشعة أوالسـامة، أو الأدخنـة، أوالرطوبـة .... إلخ. أيضـا تجـاوز درجـة حرارة الهواء أو ضغطه للحدود المعتادة يعد أمرا ضارا بصحة الإنسان والأحياء الأخرى.

✓ ونوجز بأن تلوث الهواء هـو نمـو نسـب المكونـات المدخولـة عليـه، علـى حسـاب نسـب مكوناته وخصائصه الأصلية. ويتلوث الهواء بانطلاق غـازات ضـارة أو روائـح كريهـة أو جسيمات من عمليات صناعية، كيميائية أو حيوية وتعتبر ضارة بالأحيـاء ومقلقـة للراحـة إما بسبب سميتها، أو بسبب تقليلها لنسبة الأكسجين اللازم للتنفس، أو لأنها غير مرغوبة من حيث المذاق والرائحة. واستشعار الناس للتلوث ينحصر غالبا فـى المشـاهدة البصريـة والشم وأحيانا ضيق التنفس، لكن الكثير من ملوثات الهواء لا تستشـعرها تلـك الحـواس؛ بسبب انعدام لونها ورائحتها. ومحدودية قدرة الحواس فى هـذه الحالـة تعـد نعمـة مـن الله (تبارك وتعالى)، وإلا لتأزم الآنسان بسبب أشياء يمكن تحملها إلى حين.

تلوث أهم المصادر الطبيعية التى نعيش عليها وهو الهواء الذى نتنفسه أصبح قضية قومية وعالمية. وتلوث الهواء الذى نعانيه هو فى الأساس ناتج بمجتمعاتنا الصناعية والحضرية، وهذا التلوث العالمى يزيد بزيادة تلك المجتمعات. وعلى مدى ال 50 عاما الماضية أصبحت الشواهد واضحة على أن نمو المجتمعات الصناعية والتطورات التكنولوجية ، بتوجهها الحالى، يولد تأثيرا مضادا وخطيرا على جودة الهواء الذى نتنفسه[9].

والآثار السلبية لتلوث الهواء نوجزها فيما يلى:

1. الضرر المباشر والشديد بصحة الإنسان، وخصوصا الجهاز التنفسى والدم والقلب والمخ والجهاز العصبى والعينين والسمع والجلد والشعر والسرطانات.
2. تغيير خواص الهواء وتكوين الضباب وتقليل الرؤية وحجب نسبة من أشعة الشمس وتغيير المناخ على سطح الأرض.
3. الإضرار بالنباتات، وخصوصا الضرر الناتج عن غاز ثانى أكسيد الكبريت. وعموما تدخل الملوثات الغازية إلى النبات أثناء عملية التنفس الطبيعى للنبات، وعندما تصل هذه الملوثات إلى أوراق النبات فإنها تحطم الكلوروفيل. أما أتربة الهواء فتترسب على أوراق النبات مكونة طبقة عازلة وخانقة وأحيانا حارقة.
4. يؤثر تلوث الهواء على مختلف المواد التى تهم الإنسان، على الأقل بتوسيخها وأحيانا يسبب تآكلها وتلفها كما يحدث للدهانات والوصلات والكابلات الكهربية والنسيج والأجهزة وغيرها.

4.4. ملوثات الهواء

على حد ما نعلم، فأهم مكونات الهواء (للإنسان) هى الأكسجين والنيتروجين وبخار الماء، وما زاد على ذلك نعتبره غير مرغوب فيه أو غير هام. بالنسبة لحياة الإنسان؛ فالحصول على الأكسجين هو هدف عملية التنفس. أما النيتروجين فإنه يكبح عملية

الاحتراق ويدعم الدورة الحيوية لمعضم الأحياء، أما بخار الماء فيدور في دورة التطهير الحيوية لجميع الأحياء والموجودات، كما يدخل في آلية تعديل درجة حرارة الجو بالتبخر والتكثف لتخفيف حدة التغيرات الجوية.

وزيادة نسبة بخار الماء في الهواء يعني زيادة الرطوبة لدرجة قد تصبح غير مريحة للتنفس خصوصا في الجو الحار، إلا أن ذلك لا يعد تلوثا رغم أنه في بعض المناطق الساحلية قد يشعر الإنسان باحتباس العرق والتصاق بعض العوالق بيديه وملابسه وأدواته. وزيادة الرطوبة في الصباح تكون الشابورة التي تعكر شفافية الهواء وتعوق الرؤية، وكل ذلك يزول تلقائيا بسرعة دون أن يترك أثرا ضارا.

أما ثاني أكسيد الكربون ، المحدود النسبة ، فهو الوسيط الحيوي الرقيق بين الإنسان والحيوان من ناحية، وبين النبات من الناحية الأخرى. ولكن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون ينتج عنها بعض المضار؛ لأنه غاز خانق، وهو على رأس قائمة الغازات المتهمة في فساد المناخ، وفيما يسمى بظاهرة "الاحتباس الحراري للأرض" (Greenhouse) التي سنتعرض لها فيما بعد.

ملوثات الهواء في هذا العصر أصبحت تفوق الحصر، ولذلك نحاول حصر أهمها في الأصناف التالية:

1. مواد صلبة (أو عوالق) وميكروبات.
2. مواد غازية ضارة.
3. أبخرة ضارة.
4. حرارة.
5. عوالق مشعة.
6. صوتيات (ضوضاء).
7. روائح كريهة.

ومعظم هذه الملوثات تنتج من العمليات الصناعية والاصطناعية التى ابتكرها ويمارسها الإنسان بتهور، خصوصا فى العصر الحديث مثل: الاحتراق، الحرق، التخمير، تحريك التربة، تفجير الصخور، مناولة المواد السائبة، التفتيت، الطحن، رش المبيدات، التفجيرات النووية، والأنشطة الكهرومغناطيسية وغيرها.

ومن رحمة الله (سبحانه وتعالى) أن الملوثات لا تمكث فى الهواء طويلا؛ لأنه يوجد عدد من الآليات الطبيعية التى تعمل على تنظيف الهواء من هذه الملوثات، مثل التحلل الكيميائى والأكسدة والتشتت وتساقط الملوثات إما بالترسيب الطبيعى (بالجاذبية)، أو الاصطياد الصناعى (بالمرشحات) أو الطبيعى (بالرئتين!)، أو سقوطها مع الأمطار.

5.4. مصادر تلوث الهواء

كما ذكرنا قبلا، فإن ملوثات الهواء تشمل أساسا الجسيمات التى يحملها الهواء والغازات، كالتراب والهباء (Aerosols)، وهذه الملوثات لها مصادر عديدة يمكن تقسيمها كالتالى:

1- **المصادر الطبيعية**: وهى تشمل غبار العواصف والمناطق الصحراوية وتصل أقطار هذه الحبيبات إلى حوالى 0.6 ميكرون ، وكذلك التفاعلات الكيميائية التى تنتج عنها حبيبات بأقطار حتى دقة 0.4 ميكرون. أما البراكين فتنطلق منها الجسيمات، والغازات التى أبرزها ثانى أكسيد الكربون. يضاف إلى ذلك رذاذ المحيطات الذى ينتج حبيبات بأحجام أكبر من 0.6 ميكرون. ومن مصادر التلوث مخرجات الإنسان نفسه (كالزفير) وخصوصا حين يتكدس فى أماكن ضيقة أو سيئة التهوية، وكذلك مخرجات الحيوانات التى يتعامل الإنسان معها كالدواجن والماشية، وتكون آثارها بالغة الوضوح فى جو الحظائر. والمستوى الخفيف من مثل هذه المصادر (الطبيعية) قد تعايش الإنسان معها واحتملها لآلاف السنين، وتمتصها دورة الحياة وتمر وتختفى بسرعة. أما المستويات الشديدة (العاتية) منها فهى مهلكة ويتعذر

التحكم فيها، ويسلطها الله على من يشاء كعقاب أو ابتلاء، والأمثلة فى كتاب الله (جل وعلا) عديدة، لمن يعتبر، كما حدث لقوم عاد وثمود.

2- المصادر الصناعية: وهى من صنع الإنسان وفى تصاعد، وتشمل الغازات والأبخرة والأتربة والرماد والغبار والإشعاع الناتج من الحروب ومعداتها وتدريباتها وإفرازاتها، ومن العمليات الصناعية وتفاعلاتها الكيميائية، والمبيدات الحشرية. تلك هى أبرز الملوثات الغريبة على الطبيعة والأشد خطورة والتى تتراكم ويطول زمن وجودها فى الجو، قبل أن تصل إلى سطح الأرض (فى البر والبحر). ونركز فى هذا الكتاب على هذا الصنف من الملوثات؛ نظرا لخطورته ولإمكانية التحكم فيه والسيطرة عليه. وأصابع الاتهام كلها تشير إلى الصناعات وما أفرزت بلا ضوابط كافية، فى عصر صناعة المداخن. والعقل، يطالب الإنسان بأن يراجع نفسه وإلا هلك؛ فالإنسان هو الذى يلوث، وهو الذى يشتكى!

والملوثات الصناعية لمادة (وسط) الهواء عديدة نذكر منها:

أ. عوادم السيارات، وما تنفثه المصانع والمحارق والقمائن ونظم الصرف الصحى والصرف الصناعى.

ب. الاستخدام المتزايد للغازات الصناعية والفحم والبترول والزيوت ومشتقاتها.

ج. الأنشطة التعدينية المختلفة.

د. استخدام المبيدات الحشرية.

6.4. الجسيمات العالقة بالهواء

هى مواد دقيقة الحجم متماسكة يمكن أن تعلق بالهواء عند حركته بسرعات معينة؛ بسبب التيارات الهوائية والعواصف، ولزوجة الهواء، وبسبب تحريك هذه الجسيمات أو

تذريتها. وتعد الجراثيم والميكروبات الضارة من الملوثات التي يمكن أن تعلق بالهواء وتضر بصحة الإنسان، إلا أنها ناتجة من عمليات بعضها شبه طبيعي، ولكن تحتاج إلى إجراءات وقائية. والجسيمات العالقة بالهواء والتي تقل مقاساتها عن 10 ميكرون يمكن أن تتسلل عبر دفاعات الجهاز التنفسي ولذلك فهي الأشد خطورة على الصحة، وخصوصا إن كانت تتضمن مواد مؤذية كالأسبستوس ومركبات المعادن الثقيلة، والمواد المشعة، وبعض المركبات العضوية أو تحمل ميكروبات. وفي الجزء التالي نذكر بعض العوالق الصناعية التي تلوث الهواء.

1.6.4 التراب والرماد

من أبرز أمثلة المواد العالقة الملوثة للهواء هي أتربة الشوارع الغير نظيفة وماأكثرها، والرماد المتطاير المتبقي بعد احتراق الوقود التقليدي كالفحم والخشب وزيت الوقود، والنفايات وغيرها. ويتركب الرماد المتطاير أساسا من السيليكا والألومينا وأكاسيد الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والكبريت والمنجنيز وغيرها. أما الأتربة فتنتج من العمليات الصناعية وأبرزها عمليات الحرث والنشر وصناعات مواد البناء كالأسمنت والجير والجبس والطوب وخلافه.

والتراب تكون جسيماته كبيرة نسبيا، فمقاس جسيمات تراب الأسمنت (مثلا) تتدرج وتصل إلى 100 ميكرون. وتشترك هذه الأتربة مع الرماد المتطاير في التركيب الكيميائي وإن اختلفت عنها في النسب والأطوار، وهذا ما يميز الرماد عن التراب (أي عملية الحرق). ومعظم هذه الجسيمات العالقة يمكن ملاحظتها بالعين المجردة وهي تنبعث من مصادرها، أو وهي تعكر صفو الجو، كما هو الحال في محيط مصانع الأسمنت والجير والحديد والصلب. وهذه العوالق أيضا تعوق الرؤية وتُحفّز العديد من التفاعلات في طبقات الجو السفلى.

2.6.4. الدخن

الدخن (Fume) هو جسيم صلب، فى الغالب يكون أكسيد معدنى، نتج عن تكثف أبخرة بالتسامى، التقطير، الكلسنة، أو بعمليات التفاعل الكيميائى. من أمثلة الدخن أكاسيد الزنك والرصاص الناتجة من تكثف وأكسدة المعادن التى تطايرت عند درجات حرارة عالية. مقاسات الدخن تكون بالغة الدقة، فى حدود 3 .0 - 0.3 ميكرون، ولذلك فى تتسلل عبر دفاعات الجهاز التنفسى بسهولة.

3.6.4. الضباب والدخان والرش

الضباب (Mist): هو قطرات سائلة صغيرة تتكون بتكثف البخار وربما من تفاعل كيميائى. ومثال ذلك عملية تكون ضباب حامض الكبريتيك؛ حيث أن:

SO_3 عند درجة حرارة 22 درجة مئوية يتحول إلى سائل؛ لأن نقطة الندى بالنسبة له هى درجة حرارة 22 درجة مئوية.

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

وقطر حبيبات الضباب يكون فى حدود 0.5 - 3 ميكرون.

الدخان (Smoke): هو جسيمات صلبة تكونت نتيجة عدم اكتمال احتراق مواد كربونية. بالرغم من أن الهيدروكربونات، الأحماض العضوية، أكاسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين أيضا تنتج فى عمليات الاحتراق، لكن فقط الجسيمات الصلبة الناتجة من عدم اكتمال الاحترق هى التى نعتبرها دخان. مقاسات جسيمات الدخان تكون فى حدود 0.5 - 1 ميكرون تقريبا.

أما الرش (Spray): فهو جسيمات سائلة تتكون بتذرير السائل الأم، ويحدث ذلك فى الغالب نتيجة هروب السائل من فتحة ضيقة تحت الضغط الشديد.

4.6.4. جسيمات الرصاص

قائمةالاتهامات الموجهة إلى مركبات الرصـاص (التـى يحملهـا الهـواء) طويلـة، فالرصـاص يفسد أغلب مقومات الحياة، ويسبب العديد من الأمراض الخطيرة بدءا من متاعب الجهاز التنفسى وما يصاحبه من الهجمات الربوية وصعوبة التنفس مـرورا بـأمراض القلـب والمخ والجهاز العصبي والسرطان، ولذلك نخصه بالذكر من بين الجسيمات الأخرى.

تنبعث مركبـات الرصـاص مـع عـادم السـيارات خصوصـا تلـك التـى تسـتخدم البنزين المضاف إليه مركيات الرصاص، ومنها رابع إيثيلات الرصـاص (Tetra Ethyl Lead, TEL)، لرفـع "رقـم الأوكتـين" (Octane number) ، ومقاومـة "الصفـع" (Detonation)، وفى العادة كان يضاف واحد جرام لكـل كيلوجـرام بنزين. ويحتـوى الجرام من TEL علـى 0.64 جـرام رصـاص. وينبعـث الرصـاص مـن بعـض المصـانع وخصوصا من المسابك على هيئة غبار معدنى.

ورصاص الهواء يكون على هيئـة جسيمات، ومـن الناحيـة الكيميائيـة يكـون علـى هيئـة أكسيد الرصاص أو كلوريد الرصاص. رصاص عادم السيارات يتساقط على مدى مئـات الأمتار مع الريح التى تهب على الطرق السـريعة. ويجـب وضـع ذلـك فـى الحسـبان عنـد اختيار المحاصيل التى تزرع فى الأرض المجاورة للطرق السـريعة. أمـا فـى المـدن فيتسـاقط الرصاص على أرض الشارع والأرصفة والمـارة والبضـائع المعروضـة فيعلـق بهـا وبالأتربـة ويمكن أن يتطاير مع الأتربة مرة أخرى.

5.6.4. التلوث الميكروبى

التلوث الميكروبى ليس جديـدا علـى البشـرية، ولكـن فـى ضـوء التقـدم العلمـى والطبـى أصبحت صورته أكثر وضوحا، وطرق انتقال معظم الأمراض أصبحت معروفـة. ويلعـب الهواء دورا بارزا فى نقل العديد من الأمراض من المرضـى إلى غـير المرضـى. فالميكروبـات

بأنواعها تعلق بأدوات المريض ويمكن أن تنتقل للهواء القريب، وبعضها يخرج مع نفس المريض (أو الحامل للميكروب)، والعطسة الواحدة تقذف بملايين الميكروبات التى يمكن أن تعلق بالهواء وتنتقل إلى الأصحاء. ووجود المريض فى مكان مغلق يرفع كثافة الميكروبات فى الهواء ويزيد فرصة إصابة مخالطيه. ومعظم الميكروبات تموت فى خلال أيام ما لم تصل إلى إلى عائل آخر. وما يعنينا هنا هو التركيز على أهمية تفويت الفرصة على الميكروب، العالق فى الهواء الملوث، فى الوصول إلى العائل الجديد حتى يموت الميكروب، ويتحقق ذلك بحسن التهوية وتشتيت الميكروبات لتضمحل كثافتها فى الهواء إلى أن تموت وتتلاشى خطورتها. وفى الحالات الخاصة والحرجة يلزم التعقيم للقضاء على الميكروبات بسرعة.

7.4. مضار عوالق الهواء

جميع المواد العالقة، المذكورة قبلا، تمثل عبئا على الجهاز التنفسى للإنسان، وهى من أخطر الملوثات البيئية على صحة الإنسان؛ لما تحتويه من مركبات كيميائية عسرة تتجمع بالجسم لتحدث به أضرارا بالغة. ففى هذة الجسيمات العديد من العناصر السامة كالرصاص والكادميوم والكروم، والزرنيخ ودهانات السيارات بأنواعها، والأسبستوس. ومدى الضرر الناتج عن هذه الجسيمات العالقة بالهواء يتوقف على:

1. التركيب الكيميائى لهذه الجسيمات: إذ أنه فى حالة وجود مادة مثل السليكا الحرة عالقة بالهواء يجعلها شديدة الضرر وأسرع فى إصابة الإنسان بأمراض التحجر الرئوى وتوابعه؛ لأنها مادة غير قابلة للذوبان. أما المواد القلوية والحامضية القابلة للذوبان فضررها لخلايا الجهاز التنفسى مؤكد.

2. أحجام الحبيبات: فكلما استدقت الحبيبات كلما وجدت طريقها بسرعة وسهولة إلى الجهاز التنفسى، والحبيبات الأدق من 10 ميكرون يمكن أن يتسلل بعضها

لتصيب الإنسان بالضرر، والجسيمات الأدق من 5 ميكرون تكون فرصتها أكبر في اختراق دفاعات الجهاز التنفسي الترشيحية، أما الجسيمات الأدق من 2 ميكرون فوصولها لعمق الجهاز التنفسي مؤكد وضررها لا شك فيه إثر تراكمها في الحويصلات الهوائية مما يسبب الدرن.

3. تركيز الحبيبات: فكلما زاد تركيز الحبيبات التي تقل مقاساتها عن 5 ميكرون - في الهواء - كلما زادت احتمالات الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي.

4. فترة التعرض للحبيبات: فالجهاز التنفسي له قدرة احتمال معينة (محدودة) للتعامل مع الجسيمات الأدق من 5 ميكرون، لذلك فطول التعرض لهذه الجسيمات يزيد من احتمالات الضرر (التراكمي) والإصابة بأمراض الجهاز التنفسي، ولذلك تظهر الأعراض المرضية بسرعة على العمال الذين يعملون بالقرب من مصادر التلوث.

وتقاس نسبة الأتربة والغبار المنبعثة من المصدر بالمليجرام أو بالميكروجرام لكل متر مكعب من الغازات الناتجة، وتقاس درجة التلوث في المنطقة المحيطة بالمصدر (الكمية المتساقطة) بالطن على الكيلومتر المربع.

8.4. الملوثات الغازية

يعتبر استخدام الوقود في الصناعة وعمليات تكرير البترول وعوادم السيارات ومحطات توليد الطاقة (الحرارية) والمسابك من أبرز مصادر التلوث بالغازات والأبخرة الضارة. وخطورة الغازات تخفى على الكثيرين، وخصوصا العوام؛ لأن معظم هذه الغازات غير مرئية وعديمة الرائحة. وأبرز أنواع الملوثات الغازية هي:

1. مركبات الكبريت، وتنتج في الغالب من حرق وقود يحتوي على كبريت.

2. مركبات الكربون، وتنتج فى الغالب من عمليات الحرق والاحتراق.

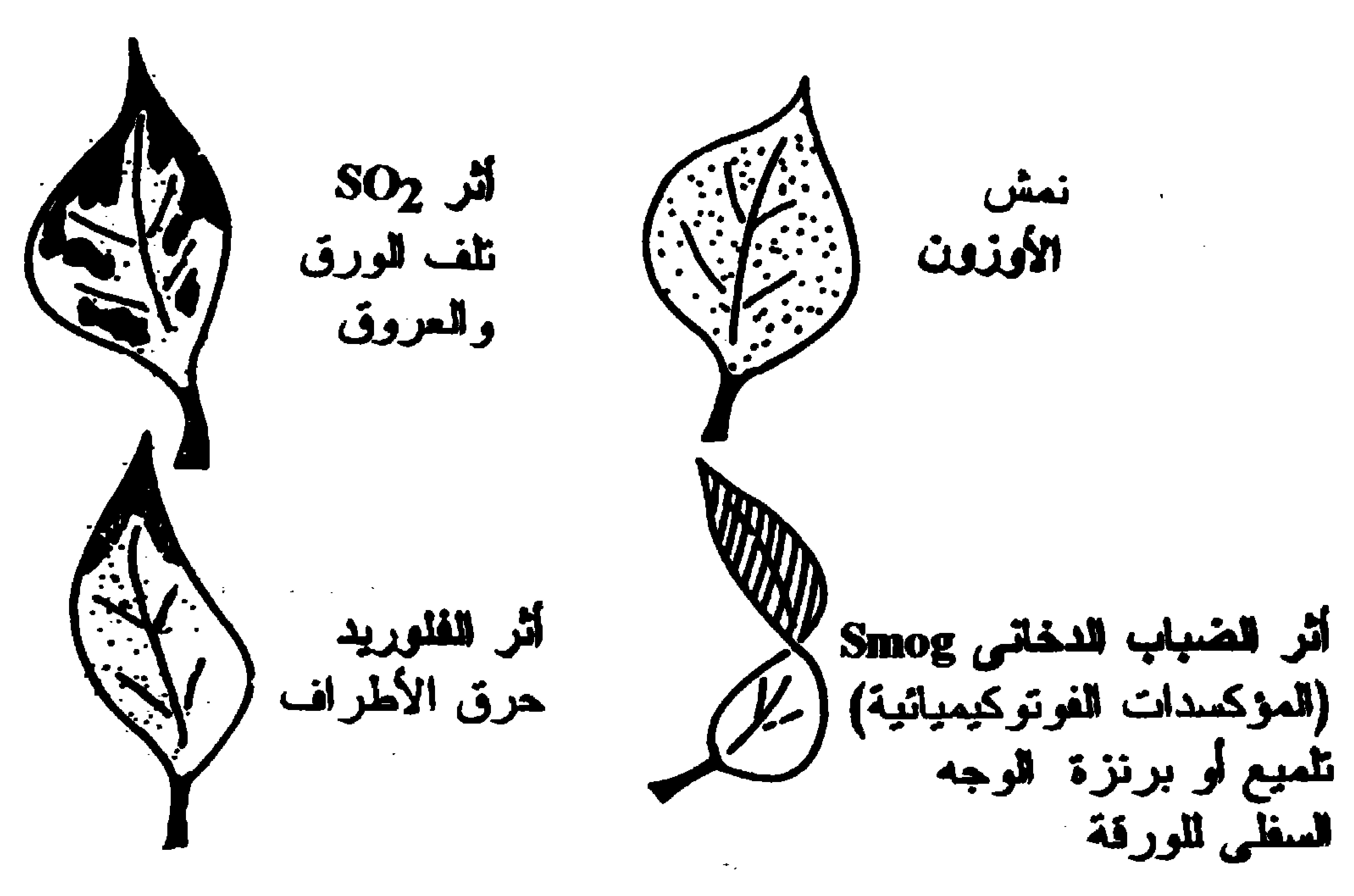
3. أكاسيد النيتروجين: وتنتج فى ظروف الاحتراق عند درجات حرارة عالية.

4. مركبات الهالوجين: وأبرز مصادرها هى العمليات الميتالورجية.

5. مركبات أخرى متنوعة.

وتقاس درجة التلوث الغازى بالجزء فى المليون (ppm) أو فى البليون، كما سنوضح فى نهاية هذا الفصل.

وكما ذكرنا قبلا فالغازات الصغرى التى تختلط بالهواء الجوى عديدة، وما دامت بنسب أوآثار ضئيلة فهى محتملة، لكن إذا وصلت لمستويات معينة فيبدأ ضررها فى البروز فتؤذى الحيوان وأيضا النبات (أنظر شكل 3.4). وفى هذا الجزء نركز على أبرز الغازات التى تؤثر فى جودة الهواء.



شكل (3.4). نماذج للضرر الذى يسببه الهواء الملوث للنبات[13].

1.8.4. أكاسيد الكربون

تنتج أكاسيد الكربون من اتحاد الكربون مع الأكسجين فى ظروف متنوعة أبرزها عملية الاحتراق، وفى أغلب الظروف يكون الناتج هو ثانى أكسيد الكربون، وأحيانا يوجد إلى جواره أول أكسيد الكربون، وذلك فى حالة نقص الأكسجين اللازم للإحتراق، أو فى حالات سوء خلط الوقود بالهواء. وعند درجات الحرارة العالية يتفكك ثانى أكسيد الكربون إلى أول أكسيد الكربون وأكسجين، وبمجرد هبوط درجة الحرارة ينعكس هذا التفكك إلى اتحاد مرة أخرى. وفى الجزء التالى نتعرض لتأثير كل منهما على البيئة:

1. أول أكسيد الكربون (Carbon monoxide, CO): وهو غاز عديم اللون والرائحة، لكنه سام. وينتج هذا الغاز السام فى معظم الحالات نتيجة نقص هواء الاحتراق، بسبب عدم ضبط وصيانة تجهيزات الاحتراق، كما فى السيارات والغلايات والأفران السيئة الصيانة، والغير منضبطة التشغيل. ويوجد عدة وسائل صناعية وفنية يمكن استخدامها لتقليل نسبة أول أكسيد الكربون فى العوادم.

وتأثير أول أكسيد الكربون المُستنشق على صحة الإنسان يتناسب مع كميته التى تتحد مع هيموجلوبين الدم. وعندما يوجد أول أكسيد الكربون بتركيزات منخفضة فى الهواء فإنه يسبب الصداع وهبوط النشاط الذهنى. وعند التركيزات العالية فإنه سريع القتل. فعندما يدخل CO مع هواء التنفس، لتيار الدم، فإنه يتفاعل مع الهيموجلوبين ويعرقل قدرة الدم على حمل الأكسجين (اللازم للتمثيل الغذائى).

أكسجين التنفس ينتقل للدم على هيئة أكسيهيموجلوبين (HbO_2) وهو مركب شبه مستقر وفيه يرتبط O_2 بضعف مع Fe^{2+} فى هيموجلوبين خلايا الدم الحمراء. الأكسجين يزال إلى خلايا التنفس، والهيموجلوبين المتولد يتهيأ

لنقل المزيد من الأكسجين. أما فى حالة وجود CO فى هواء التنفس فإنه يقلل قدرة الدم على حمل الأكسجين، وذلك باتحاد CO مع الهيموجلوبين ليكون "كربوكسيهيموجلوبين" (HbCO)، وهو مركب مستقر. الهيموجلوبين المتحد على هيئة HbCO لا يمكن استرداده، ويصبح غير جاهز لنقل الأكسجين حتى نهاية عمر خلية الدم الحمراء التى حدث فيها ذلك.

والخلاصة أن CO يسمم نظام نقل الأكسجين بالهيموجلوبين.

فى داخل السيارة التى تعمل وسط زحام المرور، تركيز أول أكسيد الكربون قد يصل لمستويات عالية تؤثر على السائق مما يهدد السلامة. عند حوالى 100 جزء فى المليون من CO، أغلب الناس تشعر بدوار، صداع، إعياء، وأعراض التسمم الأخرى. تركيزات أعلى من هذا المعدل تحدث عادة فى الجراجات والأنفاق وخلف السيارات مباشرة. وأول أكسيد الكربون ملوث محلى (موضعى)؛ لأنه سرعان ما يتحد مع أكسجين الهواء الجوى ويتحول إلى ثانى أكسيد الكربون.

2. ثانى أكسيد الكربون (CO_2): وهو غاز خانق، عديم اللون والرائحة، شفاف تماما بالنسبة للضوء المرئى وكذلك بالنسبة الأشعة فوق البنفسجية، ولذلك يمر فيه ضوء الشمس بيسر حتى يصل إلى سطح الأرض. وثانى أكسيد الكربون يمثل نسبة بارزة من نواتج الحرق والاحتراق، ومن عملية الزفير أيضا. ولقد ارتفعت نسبة CO_2 فى الغلاف الجوى للأرض بسبب الكثافة الاصطناعية للنشاطات البشرية. ويعد CO_2 من أبرز غازات الاحتباس الحرارى للأرض، التى سنتعرض لها فيما بعد. وتؤثر نسبة ثانى أكسيد الكربون فى عملية الاتزان القائمة بين الهواء والماء والكائنات الحية. وتقل نسبة CO_2 فى فصل الربيع إلى حد ما بسبب نشاط عمليات نمو النبات، وبالعكس تزيد نسبته فى فصل الشتاء بسبب تقلص عمليات التخليق الضوئى فى النبات.

2.8.4. أكاسيد النيتروجين

فى درجات الحرارة العادية، النيتروجين غاز خامل، وهو الغاز رقم 1 فى الغلاف الجوى، من حيث الكم، وربما نعتبره الغاز الأساسى للأرض. وأثناء عملية إحتراق الوقود (مع الهواء) يتأكسد النيتروجين وسط الضغط العالى والجو الساخن المتولد من حرارة الاحتراق، فيكون أكسيد النيتريك (Nitric oxide, NO)، ويتحول NO فى الجو المفتح إلى ثانى أكسيد النيتروجين (Nitrogin dioxide, NO_2) ، لذلك فهو يعتبر أحد المؤكسدات الفوتوكيميائية المسئولة عن الضباب (أنظر شكل 4.4). و NO_2 لونه بين البنى والبرتقالى.

وأكسيد النيتريك (NO): غاز سام، عديم اللون، وقد قتل العالم الكيميائى "همفرى ديفى" عام 1800م، ولذلك فهو ملوث مُسمم للبيئة، وينتج مع نواتج الاحتراق ، مثل عوادم السيارات والأفران، وغلايات محطات القوى الحرارية وحوارق التوربينات الغازية. هذا الغاز يتفاعل سريعا مع الأكسجين ليكون دخانا ضبابيا يزيد من مخاطر الربو، كما أنه يزيد من التلوث لما يكونه من أمطار حمضية. وتفاعل النيتروجين مع الأكسجين يتوقف أساسا على درجة الحرارة، وثابت التوازن للتفاعل التالى

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$$

يتناسب تقريبا مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة التى يتم عندها التفاعل، ومعنى ذلك أن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من فرصة إنتاج NO الذى يتأكسد فى الجو إلى NO_2.

أما أكسيد النيتروز (Nitrous oxide, N_2O) فهو غاز عديم اللون، خامل نسبيا، ولا ينتج أثناء الاحتراق، ويستخدم كغاز حامل فى البخاخات.

وعند وصول الأكاسيد النيتروجينية إلى طبقة الأوزون، التى تحمى الأرض وماعليها من مخاطر الأشعة فوق البنفسجية، فإنها تسبب تفكك الأوزون.

3.8.4. أكاسيد الكبريت

أكاسيد الكبريت تنتج أساسا من احتراق الوقود الحفرى (كالفحم والبترول) الذى يحتوى على الكبريت بنسب متفاوتة. ويحدث ذلك الحرق لتوليد الطاقة فى محطات توليد الكهرباء (الحرارية) والأفران والمركبات وغيرها، وهو فى ذلك يصاحب ثانى أكسيد الكربون. فعندما يحترق الوقود يحترق الكبريت معه معطيا ثانى أكسيد الكبريت ونسبة صغيرة من ثالث أكسيد الكبريت (Sulfure trioxide SO_3) الذى يتحول فى الجو مباشرة إلى حامض الكبريتيك (ماء النار)، وضرره معروف، حيث أنه يسبب تآكل معظم الأشياء. وينتج SO_2 أيضا عند استخلاص النحاس من خام كبريتيد النحاس، وينتج أيضا من البراكين.

وثانى أكسيد الكبريت (Sulfure dioxide, SO_2) غاز حمضى آكال وهو من أخطر ملوثات الهواء والتى تسبب الأمطار الحمضية.وحده يمكن أن يهيج أعلى الجهاز التنفسى، ويمكن أن يعلق بالغبار ويُحمل إلى الرئتين حيث يؤذى الأنسجة الرقيقة، ويمكن أن يسبب أمراض تنفسية كالسعال ونزلات البرد والأزمات الربوية وانتفاخ الرئة والسرطان، كما يمكن للجسيمات الدقيقة أن تنقل معادن سامة إلى عمق الرئة، ويؤدى إلى وفاة المصابين بأمراض الجهاز التنفسى عند اختلاطه بالضباب الدخانى فوق المدن. ويسقط SO_2 مع الأمطار فيلوث التربة والمجارى المائية ويضر بحياة مختلف الكائنات، ويسبب اختلال التوازن الطبيعى، ويؤدى إلى تآكل أحجار المبانى والآثار .

وثانى أكسيد الكبريت غاز عديم اللون، رائحته خانقة، سريع الذوبان فى الماء ليكون حامض الكبريتيك، ودقائق حامض الكبريتيك يمكن أن تخترق دفاعات الجهاز التنفسى وتؤذى أنسجة الرئتين، وأيضا يتلف النباتات والمعدات.

غاز SO_2 يتحد مع أكسجين الهواء الجوى معطيا ثالث أكسيد الكبريت.

4.8.4. الأمطار الحمضية

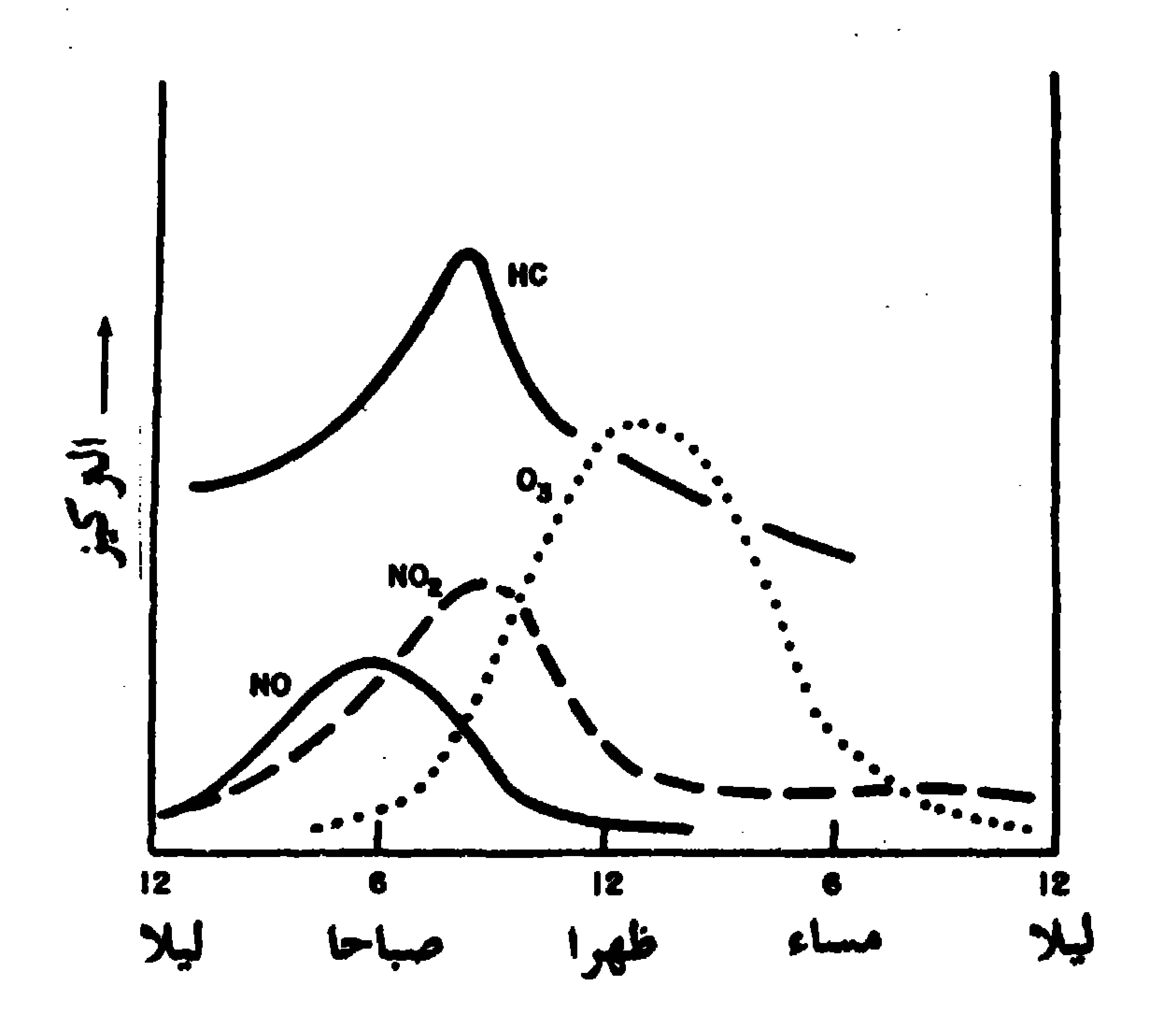
الترسيب الحامضى هو ملوث آخر يتكون بالتفاعل فى الهواء. فمثلا ثانى أكسيد الكبريت وثانى أكسيد النيتروجين يتفاعلان مع الماء والأكسجين الجوى وينتج عن ذلك حامض الكبريتيك وحامض النيتريك. الرقم الهيدروجينى (pH) للمطر الغير ملوث حوالى 5.6 ، لكن للمطر الحامضى يمكن أن ينخفض الرقم إلى 2.5 . ومئات البحيرات فى شمال أمريكا والدول الإسكندنافية أصبحت حامضية لدرجة تجعلها غير صالحة لحياة الأسماك. وفى دراسة حديثة للبحيرات النرويجية، وُجد أن 70 بالمئة من البحيرات التى يقل رقمها الأيدروجينى عن 4.5 قد انعدمت فيها الأسماك، وتقريبا كل البحيرات التى رقمها الهيدروجينى 5.5 فما فوق يوجد بها أسماك. تأثير انخفاض الرقم الهيدروجينى على الأسماك ليس مباشرا فقط، بل يساهم فى تحرير المعادن السامة مثل الألومنيوم، وذلك يضاعف حجم المشكلة. وفى النرويج، وُجد أن العواصف التى تمر عبر المناطق الصناعية فى بريطانيا وقارة أوروبا تلقى بملوثات مُتلفة. نفس الشىء، تحميض شمال أمريكا قد مسح الأسماك فى العديد من البحيرات الجبلية العالية، وأثر أيضا على النباتات فى العديد من المناطق. وما تقدم من آثار ضارة ومؤثرات يضع المداخن العالية محل تساؤل.

5.8.4. الأوزون الأرضى

الأوزون ($Ozone, O_3$)، وهو أكسيد الأكسجين ويكون فى شكل جزيئى ثلاثى الذرات وذرة الأكسجين الثالثة فى جزيئ الأوزون تكون ضعيفة الارتباط وسهلة الانطلاق، ولذلك فالأوزون غاز نشط جدا وغير مستقر، وهوعديم اللون والرائحة، ويتكون بالهواء ومصادره عديدة، أهمها التفاعل الجوى بين أشعة الشمس وبعض الملوثات كالغازات النيتروجينية والهيدروكربونية المنبعثة مع عادم السيارات والمصانع وأبخرة المسابك خصوصا فى فصل الصيف وقد بلغت نسبته 120 جزءا فى البليون، وفى بعض الأحيان تصل إلى 180 جزءا فى البليون وتظل عالقة فى الجو لحوالى 8 ساعات

الذى يوجد فى الهواء الذى نتنفسه وهو سام، وهوغير الأوزون الموجود فى طبقة الجو الستراتوسفير (Stratosphere) التى تبدأ عند ارتفاع من حوالى 11 إلى 16 كيلومتر من سطح الأرض، على حسب الارتفاع وفصول السنة، وهو المسمى بطبقة الأوزون. ويتكون الأوزون أيضا بمرور شحنات كهربية تحت ضغط مرتفع خلال الهواء، والبرق هو أحد أسباب تكون الأوزون الجوى.

ويستخدم الأوزون أحيانا فى تعقيم الماء، ولكن الاستخدام الأغلب يكون لأكسدة المواد المكسبة للطعم مثل الفينول فى الماء، وفى معادلة الروائح فى الغازات والهواء.



شكل (4.4). تكون الضباب "الفوتوكيميائى"[13].

الأوزون مُؤكسد ومهيج بشدة، وتركيزات عدة أجزاء في المليون يسبب احتقان الأوعية الدموية بالرئة، والاستسقاء (Edema)، والنزيف الدموى. والتعرض المباشر للتركيزات العالية من الأوزون يمكن أن يؤثر سلبيا على صحة الحيوان وحيوية النبات. وتعرض الإنسان لتركيز 2500 ميكروجرام/ متر مكعب يخفض طاقة التنفس.

أعراض التعرض للأوزون تكون مبدئيا، جفاف الزور، يتبعه صداع، دوخة، وتغير نمط التنفس. والأوزون من غازات الاحتباس الحرارى، التى تؤثر فى مناخ الأرض. ومن شكل (3.4) يمكن تبين إحدى الفوائد الطبيعية للإستيقاظ المبكر وكذلك القيلولة فى الظهيرة.

6.8.4. ملوثات غازية أخرى

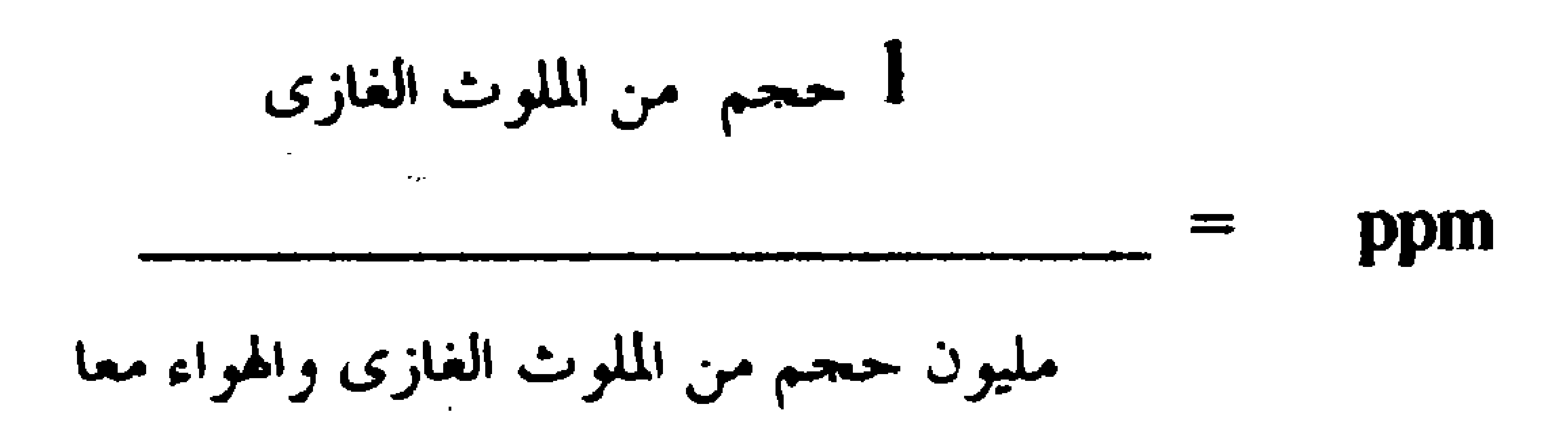
الملوثات الغازية الأخرى عديدة وفيما يلى نذكر بعضها:

1. الهيدروكربونات (Hydrocarbons, C_aH_y): وهى عديدة الأنواع، وتعتبر السيارات من أبرز مصادر الهيدروكربونات الجوية. المصادر الثابتة للهيدروكربونات تشمل مصانع البتروكيماويات، تكرير البترول، المحارق، المغاسل الجافة، وصناعة واستخدام الدهانات.

2. فلوريد الهيدروجين (Hydrogen fluoride, HF): وهو غاز حامضى عديم اللون، ينتج أساسا عند حرق الطفلات والخامات التعدينية ومساعدات الصهر التى تحتوى على الفلور، أى من صناعات مثل الصلب والخزف وتنقية الألومنيوم، ومصانع السوبر فوسفات. هذا الغاز يضر النباتات وخصوصا الموالح والزهور ، ويؤثر فى أسنان وعظام الماشية التى تتغذى على الأعلاف والمراعى التى تأثرت بهذا الغاز.

9.4. قياسات التلوث الغازى

فى مجال التحكم فى تلوث الهواء يلزم وجود مقياس متفق عليه لحساب حجم الملوثات المختلفة (غازات وأبخرة وسوائل وجوامد) عند الضغط ودرجة الحرارة العاديين، وقد سبق أن ذكرنا أمثلة عديدة لهذه الملوثات. وتركيز أو نسبة الملوثات فى الهواء تحسب عادة بالميكروجرام فى المتر المكعب من الهواء ($\mu g/m^3$) وهى وحدة مناسبة لكل صور المادة حتى الصلب منها. ويوجد طريقة أقدم للتعبير عن تركيز الملوثات فى الهواء ومازالت تستخدم ووحدتها هى الجزء فى المليون (ppm) وهى نسبة حجمية وأساسها كالتالى:



والمعادلة السابقة تعنى أن $1ppm = 1/10^6 = 0.0001\ \%$

وللتحويل بين $\mu g/m^3$ و ppm نستخدم القانون العام للغازات المثالية وهو:

$$P\,V = n\,R\,T$$

حيث أن: ضغط الغاز = P

حجم الغاز = V

عدد ال moles من الغاز $n = (weight/mol.wt)$

ثابت الغاز = R

درجة حرارة الغاز بالكلفن $T = (K)$

مثال

بتحليل عادم إحدى السيارات وجد أنه يحتوى على نسبة 1.8٪ (بالحجم) من غاز أول أكسيد الكربون عند الضغط الجوى ودرجة حرارة 87 درجة مئوية. عبر عن هذه النسبة مرة بالجزء فى المليون، ومرة بالميكروجرام فى المتر المكعب.

الحل

النسبة الحجمية تنتج بضرب النسبة المئوية فى مليون بعد قسمتها على المئة كالتالى:

$$1.8\% = 1.8/100 = 18,000 \text{ ppm}$$

ومعنى ذلك أنه يوجد 18 ألف لتر من CO فى كل مليون لتر من عادم هذه السيارة الملعونة.

أما وزن الملوثات فى المتر المكعب فيمكن حسابها كالتالى:

نحسب الوزن الجزيئى لغاز أول أكسيد الكربون فيساوى $12 + 16 = 28 \text{g/mole}$

درجة الحرارة المطلقة $= 87 + 273 = 360\text{K}$ ، والضغط واحد جوى، وثابت الغاز

$R = 0.082$ L atm / mole K.

وبالتعويض فى القانون العام للغازات لحساب وزن أول أكسيد الكربون،

$$P * V = (\text{weight of CO/ mol.wt}) \quad R * T$$

$$1 * 18,000 = (\text{wt. of CO} / 28)\ 0.082 * 360$$

وزن أول أكسيد الكربون = 17,073.171 g فى المليون لتر مـن غـازات العـادم، أو فى الألف متر مكعب مـن هـذه الغـازات الملوثـة. ولـو قسـمنا علـى 0.0 1'0 لتصبح النتيجة

$17.073171 g/m^3$ exhaust $=17,073.171\ mg/m^3$ =
$17,073,171\ \mu g/m^3$.

وجدير بالذكر أن النسبة المسموح بها لاتتعدى $20\ mg/m^3$.

أسئلة للمراجعة

1. كيف نقدر كمية الهواء يستنشقها الإنسان العادى فى الساعة؟
2. ما أهمية الغلاف الجوى لكوكب الأرض؟
3. بفرض أن معدل الانحدار الأديباتيكى السائد فى وقت معين هو $0.008\ ^oC/m$ ودرجة الحرارة عند سطح الأرض $26\ ^oC$. إحسـب درجـة الحـرارة المتوقعـة علـى ارتفاع 300m ، ووضح ذلك بالرسم.
4. بتحليل عادم إحدى السيارات السيئة وجد أنه يحتوى على نسبة حجمية 2٪ من غـاز أول أكسيد الكربون عند الضغط الجوى ودرجة حرارة 80 درجـة مئويـة. عـبر عـن هذه النسبة مرة بالجزء فى المليون، ومرة بالميكروجرام فى المتر المكعب.
5. أذكر بعض أمثلة الضرر الذى يسببه تلوث الهواء للنبات؟
6. كيف يتكون الأوزون الأرضى وكيف تتغير نسبته على مدار اليوم، وماهى أضراره؟
7. أذكر خمسة أمثلة للملوثات الغازية ومضار كل منها.
8. سيار أجرة تسـتهلك فـى اليـوم 50 لـتر بـنزين يحتـوى علـى TEL. إحسـب كميـة الرصاص التى تنبعث منها فى الهواء يوميا.

5. الأنشطة الملوثة للهواء

يمكن تقسيم الأنشطة البشرية (الصناعية) إلى أنشطة نظيفة وأخرى ملوثة للبيئة والهواء. فالأنشطة التى لا يتطاير منها مخلفات يحملها الهواء نعتبرها أنشطة نظيفة هوائيا، كعمليات الكبس، البثق، التجميع، الربط، القص، التفصيل، الحياكة، البرشمة، اللحام بالضغط، الصب، التغليف، والتخزين الجيد ..... إلخ.

أما العمليات التى يتطاير منها مكونات تعلق بالهواء فنعتبرها ملوثة مثل طلاء السيارات، رش المبيدات الحشرية، سحق المواد، التفجير، التذرية، النشر، مناولة المواد السائبة، التسخين، الحرق، التخمير، اللحام على الساخن، والعمليات الكيميائية.... إلخ. ومثل هذه العمليات تدخل فى صناعات ضخمة كالأسمنت والجير والطوب والحديد والصلب، والصناعات الغير حديدية كصناعة النحاس والألومنيوم والزنك والرصاص والأحماض والزجاج والحراريات وغيرها مما يطلق عليه صناعات المداخن. ولا شك أن هذه الصناعات أصبحت ضرورية ولكن يلزمها احتياطات لحماية البيئة من آثارها الضارة.

وفيما يلى نتناول بعض هذه الأنشطة والصناعات ؛ لإبراز تأثيراتها الضارة بالبيئة.

1.5. الحرق

الحرق هو تغير التركيب الكيميائى (أو الطور) للمادة بسبب الحرارة المتوفرة (المولدة) من أحد المصادر الحرارية ، كاللهب والتسخين الكهربى، كما يحدث فى مختلف أنواع الأفران. وأمثلة ذلك حرق الطوب، والفخار، والحجر الجيرى، وخامات الأسمنت وغيرها. ولذلك فعملية الحرق تعتبر عملية ماصة للحرارة ينتج عنها غازات بسبب

عمليات التجفيف والتفكك، ويتبقى مواد صلبة هى المنتج المقصود. والغازات الناتجة من عمليات الحرق عموما تعتبر غازات ضارة بالصحة وملوثة للبيئة، قد تولدت نتيجة عمليات صناعية. وفى حالة وجود تيار هوائى فبعض المكونات الدقيقة للمادة المحروقة تعلق بهذا التيار وتعتبر مواد ملوثة للبيئة أيضا، ولذلك يجب أن تكون عمليات الحرق في أضيق الحدود وللصناعات الضرورية وبضوابط لحماية البيئة.

2.5. الاحتراق

الاحتراق هو اتحاد كيميائى سريع للمادة مع الأكسجين، ويكون مصحوبا فى العادة بلهب، وينتج عن الاحتراق عموما حرارة ومواد غير مرغوب فيها (أو ضارة)، كما هو ممثل بالمعادلة التالية.

هواء + وقود ⟵ حرارة + نواتج ضارة

والغرض الأساسى من عملية الاحتراق هو توليد الطاقة الحرارية المطلوبة لغرض ما، كعمليات حرق الخامات وتوليد طاقة الحركة والطاقة الكهربية، وللأغراض المنزلية وغيرها. ومازال الاحتراق يستخدم كوسيلة للتدفئة وللإضاءة ليلا ولتوليد بعض الروائح الطيبة من البخور (مثلا). ولكى يحدث احتراق يلزم توفر ما يلى :

- وقود (مواد عضوية فى الغالب) ويقصد به الوقود الحفرى كالفحم والبترول.
- هواء (أكسجين) مخلوط بالوقود.
- حد أدنى من درجة الحرارة .

والحد الأدنى لدرجة الحرارة (المئوية) اللازمة لحدوث الاشتعال لبعض أنواع الوقود (الشائعة) بالتقريب هى كالتالى:

- للفحم 250
- لزيت الوقود 200
- للغاز الطبيعى 550

فعند توفرالوقود والأكسجين ودرجة حرارة الاشتعال يحدث الاحتراق تلقائيا. والإحتراق يلزمه توفير كمية مناسبة (متواصلة) من الهواء على هيئة تيار يشكل اللهب. وهذا التيار يحمل المواد الصلبة الدقيقة التى تتواجد فى طريقه. وحرق 1 كيلوجرام من الوقود يولد كمية مضاعفة من الغازات، وهى فى المتوسط تكون كالتالى، فى حلة الاحتراق التام:

1 كج فحم + 12 كج هواء ← 13 كج نواتج احتراق (غازات عادم).

1 كج بترول + 14.5 كج هواء ← 15.5كج نواتج احتراق (غازات عادم).

1 كج غاز طبيعى + 16.5 كج هواء ← 17.5 كج نواتج احتراق (غازات عادم).

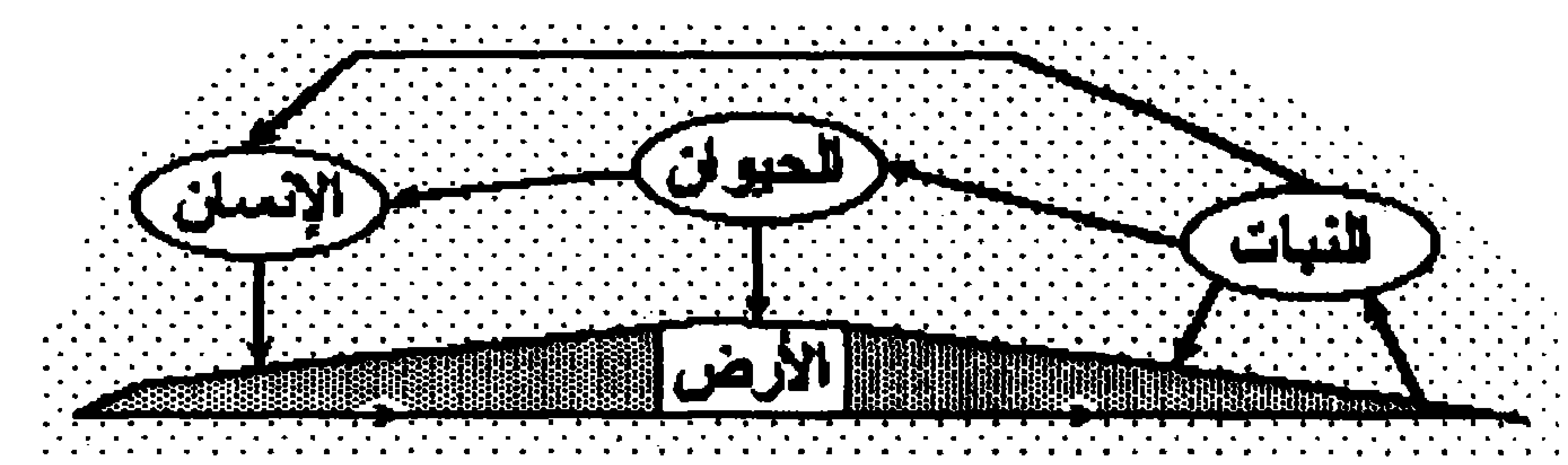
ومعلوم أنه فى حالة الاحتراق التام (المضبوط) هو خروج نواتج الاحتراق على هيئة بخار الماء وثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت والنيتروجين الذى دخل مع هواء الاحتراق.

ومما سبق يتضح أن الاحتراق يبتلع كميات هائلة من اكسجين الهواء ويخرج أضعافا مضاعفة من الغازات التى تضر البيئة. ورغم مضار نواتج الاحتراق عموما إلا الضرر يتضاعف بشدة فى حالة الاحتراق السيء الذى ينتج عن:

1. رداءة الوقود.
2. نقص هواء الاحتراق.
3. سوء الخلط بسبب سوء حالة الحارق.
4. سوء تصميم غرفة الاحتراق.
5. استخدام الوقود الصلب (كالفحم) بدون سحقه كما ينبغى.

وأبرز أمثلة الاحتراق السيء تحدث في التجهيزات البدائية التى لا يراعى فيها أصول التصميم الجيد، كما هو الحال في بعض أفران الخبز والمواقد البلدية، وفي قمائن الطوب الأحمر، وكما يحدث عند حرق القمامة في العراء، أو في محارق بدائية.

والاحتراق السيء (الغير مكتمل) يمكن للبسطاء معرفته بكثافة دخانة وكثرة السناج الناتج عنه، ويتولد عنه غازات أشد ضررا يمكن معرفة نسبها بأجهزة تحليل العادم.



شكل (1.5). دورة الحياة الطبيعية.

وأبرز نواتج الاحتراق هى بخار الماء وثانى أكسيد الكربون، ومثل هذه النواتج تنتج أيضا من النباتات الحيوانات والإنسان، وهى حميدة مادامت في الحدود التى تستوعبها دورة الحياة الطبيعية المتوازنة. فالبيئة في الظروف الطبيعية المتوازنة تمتص الملوثات وتعالجها أرقى معالجة بحيث تعود في صور مفيدة مرة أخرى، وسبحان من خلق فأبدع، أنظر شكل (1.5).

وعندما تتكثف الأنشطة الصناعية بمعدلات شاذة فطاقة التدوير الطبيعية لا تستوعبها وعندئذ يفتقد التوازن وتتورم مشكلة التلوث ويلزم معالجتها صناعيا، كما نشأت صناعيا.

3.5. التدخين

التدخين عادة مذمومة تتنافى مع العقل والمنطق، ومكارم الأخلاق، والقواعد الصحية، والمبادئ الاقتصادية، وهى إحدى علامات التخلف عند البشر. ويروى أن منشأ هذه

العادة كان فى عهود الظلام بين الهنود الحمر فى أمريكا قبل وصول "كولومبس" إليها، وكان التدخين يتم بصورة همجية حيث يتجمع الهنود حول النار التى تحرق نبات الدخان لشم الدخن الناتج منها. والتقط هذا النبات الخبيث تجار الخبائث الذين يعبدون المال وفى سبيله يتاجرون فى أى شيء بلا أى ضوابط أخلاقية، وكانت الضحايا بالملايين فى جميع أرجاء المعمورة!

يحتوى تبغ السجائر على مواد مشعة مثل اليورانيوم والبولونيوم لها تأثير إشعاعى ضار على صحة الإنسان يتراكم أثره مع الوقت. والاستثارة الحرارية لأنسجة الفم والشفتين واللسان بصفة مستمرة والتى تنشأ عن تكرار وضع السيجار أو البايب فى الفم تسبب التهابا مزمنا يشتد يوما بعد يوم. ونتيجة لهذه التأثيرات فقد تتحول الأنسجة إلى أنسجة خبيثة مسببة سرطان الفم كما حدث لأحد معارف المؤلف من الأجانب ويدعى "مستر أنطون".

وتشير الإحصاءات، المتاحة قبيل إعداد هذا الكتاب، إلى أن المصريون يدخنون ما يزيد على 40 مليار سيجارة سنويا، ومن المتوقع ارتفاع هذا الرقم، عام 2000 ، إلى 85 مليار سيجارة سنويا، بما يعادل إحراق 22 مليون جنيه يوميا، بالإضافة إلى تحميل الاقتصاد القومى بنفقات ضخمة تنشأ عن تأثير التدخين على صحة المواطنين. هذه الأرقام تؤكدها الدراسات التى أوضحت أن الخسائر الاقتصادية بسبب التدخين وآثاره السلبية، يعادل 88 مليون يوم عمل بالإضافة إلى 3 مليارات من الجنيهات سنويا. وقد أوضحت الدراسات الطبية أن 3٪ من مجالسى المدخنين يصابون بسرطان الرئة.

وتزايد التلوث الصناعى والتدخين ضاعف نسبة سرطان الرئة فى مصر من نسبة 2.57 ٪ عام 1972 إلى 8.9 ٪ عام 1992، وذلك بالمقارنة بحالات السرطان العامة. ولقد تبين من فحص 558 مريضا مصابين بسرطان الرئة أن 81 ٪ منهم من المدخنين، و 2.1 ٪ منهم يتعرضون للتدخين من آخرين (التدخين السلبى)، وتبين أن 83.3 ٪ منهم يدخنون أكثر من عشرين سيجارة يوميا، ولمدة 20 عاما، كما تبين أن عدد السجائر التى

دخنها أحدهم منذ عرف التدخين كانت حوالى 438000 سيجارة، بما يعادل كمية نيكوتين تكفى لقتل 21900 شخصا[1].

وعلى المستوى العالمى فحسب إحصاءات منظمة الصحة العالمية فعدد الوفيات بسبب الأضرار المباشرة للتدخين بلغ 3 ملايين حالة منذ بداية التسعينات. وأن نصف مليار شخص من المدخنين حاليا يواجهون خطر الموت بسبب مضار التبغ والنيكوتين. هذا وحوالى 250 مليون مدخن مهددون بفقد حوالى20 عاما من أعمارهم، بالمقارنة بأقرانهم من غير المدخنين، وأنهم سيتعرضون لزيادة احتمالات الموت فى سن من 35 إلى 60 عاما بسبب إدمانهم للتدخين.

وقد لوحظ أن شركات التدخين العالمية (الفاجرة) تعمل على توزيع السجاير المنخفضة القطران فى دول أوروبا وفى الولايات المتحدة الأمريكية بينما توزع السجاير التى ترتفع فيها نسبة القطران (الزفت) فى دول العالم المتخلفة. وفى عام 1992 أعلنت منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) أن الاستهلاك السنوى من السجاير بلغ (5300 بليون) سيجارة.

يحتوى التبغ على "الزفت" الذى يترسب على الحويصلات الهوائية بالرئة فيعرقل تبادل الغازات فيها ويتلف خلايا الحويصلات الهوائية على المدى الطويل وينشط تكاثر هذه الخلايا بصورة غير طبيعية ممايؤدى إلى السرطان الرئوى كما حدث لأحد زملاء المؤلف. كذلك يحتوى التبغ على مادة شبه قلوية شديدة السمية، ومما يؤكد ذلك أنه لو وضعنا نقطتين من محلول النيكوتين النقى على لسان إنسان فإن ذلك يصيبه بالسعال المزمن والتهاب الشعب الهوائية ويؤدى إلى فشل القلب ثم الوفاة.

وأثناء التدخين ينبعث من السيجارة دخان يحتوى على 400 مركب كيميائى 10٪ منها تسبب السرطان. ومن بين هذه المركبات الخبيثة نذكر الأمثلة الآتية:

سيانيد الهيدروجين، أول أكسيد الكربون، الأكرولين، الفينول، البولونيوم 210 المشع وهو يسبب السرطان.

وفي دراسة أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية على 663 شخصا من غير المدخنين فوجد أن 60٪ منهم يحتوى بولهم على نسب من مادة النيكوتين السام بسبب وجودهم (قربهم) بجوار المدخنين.

وبعد ذلك نقول: ما أقبح صورة الطبيب المتناقض الذى يمسك بالسيجارة ويقول للمريض: "يجب أن تتوقف عن التدخين فورا لأنه خطر جدا على صحتك"! وإنه لمن المبكى أن نرى "الفران" الذى يقف أمام الفرن وفي فمه السيجارة. هذا ويمكن بسهولة الطعن فى علم الاقتصادى الذى يقول : "إن شركة .... للدخان والسجائر تضيف للدخل القومى كذا مليون جنيه سنويا"! وقد يصل الأمر للطعن فى وطنية من يروج للتدخين بشكل أو بآخر. تلك نماذج من العقول التى تناقض المنطق وتحتاج إلى علاج.

والأمر والإثم والضرر يطول القدوة أو ولى الأمر الذى يدخن؛ لأنه يكون الطرف الأقوى والمؤثر، لكنه بئس المؤثر والتأثير. هل الأب المدخن يستطيع أن يلوم ولده إن قلده ودخن هو الآخر. قس على ذلك المدرس والزوج وولى الأمر ..... إلخ. إنها حقا قضية عقلية.

4.5. عادم السيارات

نظرية عمل جميع السيارات، والدراجات البخارية، واحدة تقريبا وتتلخص فى حرق الوقود فى حيز محكوم لتحويل الطاقة الكيميائية لطاقة حرارية ثم لطاقة حركة؛ لدفع السيارة وتوليد الكهرباء اللازمة لتشغيل النظم المساعدة كالإضاءة والراديو والتكييف وغيرها. ونسبة محدودة من طاقة الوقود هى التى تتحول لطاقة مفيدة والباقى يطرد للجو، لذلك نلمس التلوث الحرارى فى الشوارع المزدحمة والتقاطعات وعند إشارات المرور

السيئة التنظيم، وأيضا نجد أن درجة الحرارة، والشعور بها، فى المدينة تكون أعلى منها فى القرى، لهذا السبب ولأسباب أخرى.

جميع محركات وسائل النقل الغير كهربية تستخدم زيوت لتزييت جوف المحرك وحمايته من التآكل والسخونة، وللتنظيف أيضا. ونسبة محدودة من هذه الزيوت تحترق هى الأخرى مع الوقود. وهذه الزيوت ، بتنوعاتها تحتوى العديد من الإضافات الصناعية التى تستهدف تحسين خواص الزيت التزييتية. ونواتج حرق هذه الزيوت تنبعث مع العادم وهى شديدة الضرر بالبيئة. وحين تسوء حالة المحرك بالتقادم والإهمال تزيد هذه النسبة ونجد لون العادم يصبح أبيض اللون.

بناء على ما سبق يستطيع الفرد العادى ورجل المرور أن يعرف أن محرك السيارة يحتاج إلى صيانة عاجلة بمجرد أن يجد بياضا فى لون العادم. وظاهرة بياض العادم تكون أوضح فى الدراجات الحرارية (الموتوسيكلات) ؛ لأن محركاتها ثنائية الأشواط وأقل إحكاما وتخلط زيت التزييت مع البنزين أثناء التعبئة (التموين)، وهنا يستطيع الإنسان البسيط (فضلا عن المتخصص) أن يطالب بتقليص استخدام الدراجات الحرارية إلى أدنى حد ممكن؛ لحماية البيئة.

تعمل السيارات بأحد أنواع الوقود الثلاثة الآتية، ولكل منها ظروف تشغيلها الخاصة وتأثراتها على البيئة المحيطة:

1. الوقود الغازى، كالغاز الطبيعى، وهو الاتجاه الحديث الذى يعتبر أخف ضررا بالبيئة؛ لأن فرصة الحرق تكون جيدة والنواتج الكربونية تكون أقل.
2. وقود الديزل، وهو منتج بترولى متوسط الثقل يشتعل ذاتيا عند ارتفاع درجة حرارته، فى وجود الهواء. ويلزم تذريره وخلطه جيدا بالهواء قبل اشتعاله، وتلك هى مشكلة محركات الديزل، يلزمها صيانة جيدة لضمان حسن الخلط بالهواء وبالتالى جودة الحرق لتقليل المواد الضارة. وفى حالة تلف الرشاشات أو مضخة

الوقود أو نقص الهواء، نجد أن العادم كثيف اللون يميل إلى السواد مما يدل على سوء احتراق الوقود، وذلك يسبب خسارة شديدة بسبب الاستهلاك الزائد للوقود وضعف قدرة المحرك فضلا عن تلوث البيئة.

3. البنزين، وهو منتج بترولى خفيف وطيار، وعادة يحتاج لوسيلة إشعال لكى يحترق فى المحرك، ويصمم المحرك على هذا الأساس، أى أن يكون الاشتعال بالوسيلة المحددة وفى التوقيتات المحددة، ولذلك يضاف للبنزين إضافات لتدعيم هذه الخاصية، وأبرز هذه الإضافات تشتمل على مركبات الرصاص (تخرج مع العادم) فتستنشقها الأحياء، وما يتبقى يترسب على كل مافى المحيط من نبات وجماد وجلد وملابس وحتى على تراب الشارع الذى أصبح محملا بتركيزات الرصاص، وحين يتطاير تستنشقه الكائنات الحية أو يقع عليها. وقد وجدت تركيزات الرصاص واضحة فى النباتات المزروعة على جانبى الطرق، وفى أجسام رجال المرور، ومن يسكنون فى الشوارع المزدحمة . وذلك فى غاية الخطورة. وتبذل الجهود لإنتاج أنواع من البنزين بدون إضافات تحتوى على الرصاص، وبدأت فعلا فى الانتشار فى العديد من محطات تموين السيارات. وحين نلاحظ أن عادم سيارة البنزين داكن اللون فنعرف ببساطة أن نظام الإشعال يحتاج إلى ضبط عاجل؛ لتوفير الوقود واسترداد قدرة المحرك الضائعة، ثم لحماية البيئة من التلوث الحاد. وهكذا نلحظ أن الملوث هو أول الخاسرين فى الدنيا وأخسرهم **﴿يوم يقوم الناس لرب العالمين﴾**.

وما يقال على عادم السيارات يمكن أن يقال شيئا قريبا منه على عادم الشاحنات والقطارات والطائرات، حيث أن جميعها يحرق كميات هائلة من الوقود وينفث كميات

ضخمة من نواتج الاحتراق، ولكن لأن الحركة تكون على طول مسافات بعيدة فتتوزع هذه النواتج وتتشتت دون أن تبرز أثارها للناس.

5.5. حرق النفايات

النفايات هى بقايا غير مرغوبة ويلزم التخلص منها تفاديا لأضرارها، ولما تسببه من مشاكل. من أمثلة النفايات: مخلفات المصانع والورش والمستشفيات والمنازل والبلديات ..... إلخ. وفى كثير من هذه الحالات يلزم تحويل النفايات من حالتها الضارة إلى حالة مأمونة أو أخف ضررا. وإعادة التدوير (Recycling) هى آلأمن وأفضل وسيلة اقتصادية للتخلص من النفايات، وقد ثبت ذلك فى الصناعات المعدنية، ومواد البلاستيك، والورق ، وتحويل القمامة إلى سماد، ومؤخرا إدخال المخلفات فى صناعة الأسمنت[11] ؛ فالحرق يجب أن يكون محكوما ومأمونا وغير ضار.

والأسلوب الشائع للتخلص من النفايات هو حرقها؛ لتتحول إلى غازات ضارة ملوثة ورماد محدود الحجم والوزن يتبقى فى موقع الحرق أو تذريه الرياح. ومن الخطأ الشديد والمؤذى للبيئة، أن نحرق المخلفات فى الجو المفتوح بدون تجهيزات محكمة؛ لأنه يكون حرقا ناقصا، ودائما يكون مصحوبا بدخان كثيف مما يدل على سوء الحرق، وتتطاير نسبة من الرماد والهباء مع الشرر فى الجو وتلك أسوأ الحالات، وقد يتسبب عنها نشوب الحرائق. وغالبا ما يتم ذلك بدون فرز القمامة التى تحتوى دائما مواد بلاستيكية وحرقها فى غاية الخطورة على الصحة. وغالبا ما تنتشر هذه النوعية من حرق المخلفات فى المناطق المتخلفة وبأيدى المستهترين ومن يجهلون عواقب ما يفعلون.

وجدير بالذكر أن حرق النفايات يجب أن يتم فى محارق مجهزة بما يضمن جودة (اكتمال) الحرق وتنقية الغازات الناتجة من المواد الشديدة الضرر بالبيئة، وتركيز هذه الملوثات يتوقف على نوعية النفايات. وتتمثل الملوثات فى الرماد، والهباء، والغازات الخانقة والسامة والكريهة الرائحة، والمكونات العضوية والغير عضوية والمعادن الثقيلة. وتخليص

العادم من هذه الملوثـات يحتـاج لمعدات ونظـم معالجـة مكلفـة. ومـا يتبقـى بعـد الحـرق والمعالجات يجب أن يكون مأمونا وغير ضـار، ويفضـل، لـو أمكـن تدويـره فـى عمليـات جديدة. وعلى أى حال، فأفضل أسلوب لمعالجة غازات المحارق ، حتـى الآن، هـو غسـل هذه الغازات لحجز المعادن الثقيلة والغازات الضارة، حيـث يتـم ترطيـب الغـازات ببخـار الماء، وفى حالة التركيزات العالية من الأتربة والهباء تمرر الغازات بعـد ذلـك بعوالقهـا فـى مرسب كهروستاتيكى. وفى المحارق غالبا ما يكتفى بالغسل المكثف، لكن فى الصناعـات الضخمة كصناعة الأسمنت، والحديد والصلب فتتم معالجة الغازات فى أكثر مـن مرحلـة، كما سنوضح ذلك فى الفصل السابع.

وبقايا الغسل والترسيب الكهروستاتيكى هى الأخرى يجب معالجتهـا قبـل صرفهـا، فمـاء الغسل يجب معالجته فى محطة خاصة قبل صرفه، أو يغذى لمحطة تبخير وتركيز لاسـترجاع الأملاح والاستفادة بها فى صناعات أخرى، وأيضـا المـواد الصلبـة يجـب السـيطرة عليهـا وحماية البيئة من مضارها.

6.5. صناعة الأسمنت

صناعة الأسمنت تتصف بأنها من أشد الصناعـات تلويثـا للبيئـة، مـن بدايتهـا إلى نهايتهـا؛ بسبب ضخامة الكميات والطبيعة السائبة للمواد التى تتناولها وتتعـامل فيهـا، وهى صناعـة ثقيلة وفيها أضخم المعدات التى تدرو على سـطح الأرض، وهـى فـى نفـس الوقـت ذات كثافة حرارية عالية لأنها تحرق ملايين الأطنان من الوقود وتبتلع كميات هائلة من الطاقة، وتنفث نواتـج الاحـتراق فـى الجـو. ومـن الناحيـة الإقتصاديـة تعـد صناعـة الأسمنـت مـن الصناعات المربحة -إذا أحسنت إدارتها. هذا فضلا عن كونها مـن أبـرز دعـائم الإقتصـاد الوطنى وضرورية للنهضة الحضارية والعمرانية، وخاماتهـا متوفـرة - مجانـا بفضـل الله - بغزارة فى جميع بلدان العالم.

وصناعة الأسمنت من الصناعات العريقة فى مصر؛ حيث أنها بدأت منذ عام 1900 فى المعصرة (بجنوب القاهرة) بالقرب من مصنع طره الحالى. وتتابع نموها حتى زاد عدد مصانعها عن ثلاث عشرة مصنعا تنتج ما يقارب ال 20 مليون طن سنويا، وهذا يقل كثيرا عن طاقتها المتاحة التى تقدر بما يزيد عن 25 مليون طن سنويا؛ وذلك بسبب مشاكلها المزمنة وتقادم بعض معداتها.

وصناعة الأسمنت تتعامل مع الصخور الطبيعية التى تحتوى على جميع العناصر الكيميائية الموجودة فى محيط الكرة الأرضية، ولذلك فهى تقذف فى الهواء ملوثات من مختلف الأنواع. والصناعة فى جميع مراحلها ملوثة بدءا من عمليات تحجير الخامات حتى تعبئة "شكاير" الأسمنت؛ جميع المراحل مثيرة للأتربة الضارة. ولكن مرحلة الحرق هى أشد المراحل تلويثا للبيئة وذلك بسبب ما تنفثه المداخن من أتربة محملة بالمواد شديدة الضرر وغازات خانقة وسامة ناتجة من إحتراق الوقود وحرق الخامات داخل الأفران وما ينبعث من أجسام المعدات ، كمركبات الكروم الذى ينتج من بعض أنواع الطوب الحرارى المبطن لجوف الفرن.

وفى بعض البلدان - كاليونان - تم وضع خطط لتصفية مصانع الأسمنت القديمة فى المناطق التى زحف عليها العمران حفاظا على نوعية الحياة. وقد عرضت على مصر فى السبعينات أخذ بعض معداتها بدون مقابل (للتخلص منها). وفى الدول التى تطبق تشريعات البيئة بجدية لا يقدم المستثمرون فيها على صناعة الأسمنت؛ حتى لا يتعرضوا لغرامات تعدى حدود التلوث المسموح بها، ولهذا السبب تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكبر مستورد للأسمنت فى العالم برغم تقدمتها التكنولوجى؛ لأن الحفاظ على البيئة المحلية يُعطى الأهمية التى يستحقها هناك.

وبسبب أخطاء تخطيطية متراكمة، تركزت هذه الصناعة فى منطقة جنوب القاهرة لتكون أغرب تعقيدة أفران فى العالم، وقد حدث ذلك دون مراعاة النمو السريع للعمران السكانى الذى توطن فى المنطقة خلال العشرين سنة الماضية. وبذلك أصبحت هذه

الصناعة بطبيعتها الملوثة خطرا يهدد كل صور الحياة فى المنطقة التى أصبحت أشد المناطق تلوثا فى العالم..

وفكرة تقليص حجم صناعة الأسمنت فى منطقة جنوب القاهرة - بسبب التلوث - كانت مطروحة منذ أوائل السبعينات ومناطق التوسع البديلة كانت مقترحة على طريق السويس وعلى طريق القاهرة الإسكندرية (الصحراوى) وفى الصعيد. وبدلا من التقليص تم التوسع عدة أضعاف فى نفس المنطقة المنكوبة.

نوعية المواد المنبعثة من صناعة الأسمنت يمكن تصنيفها إلى نوعين رئيسيين: غازات ومواد صلبة. وهى عموما ضارة بالهواء وبالماء (كحالة النيل فى منطقة جنوب القاهرة) وبالتربة والمساكن والمعدات ومختلف التجهيزات. وبشىء من الحصر نصنف هذه المواد المنبعثة إلى شقين كالتالى:

أولا الغازات:

1. ثانى أكسيد الكربون ونسبته عالية وهو غاز خانق.
2. أول أكسيد الكربون وهو غاز سام ولكن نسبته قليلة.
3. بخار الماء.
4. أكاسيد الكبريت وهى ضارة؛ لأنها مع بخارالماء تكون حامض الكبريتيك.
5. النيتروجين وهو غاز خامل.
6. أكاسيد النيتروجين ونسبها غير محددة (غير مقاسة) ولكنها موجودة وشديدة الضرر.
7. نسبة ضئيلة من الأكسجين.

وهذه المجموعة من الغازات تكون بكميات ضخمة تقدر بعشرات الآلاف من الأمتار المكعبة يوميا، وهى فى مجملها شفافة ولاحيلة للمرشحات التقليدية فيها ولا ترى بالعين، وتنساب فى البيئة توزع الضرر خفية بلا ضابط. والبعض قد يعتبر الحديث عن مشكلة

هذا الشق من التلوث (الغازى) نوعا من الترف، ولكن الحقيقة غير ذلك؛ لأنه ضار جدا بالصحة.

وهنا نركز على ثانى أكسيد الكربون؛ لأنه من أهم غازات الاحتباس الحرارى وينتج، بكميات ضخمة، عن احتراق الوقود، ومن حرق الخامات وخصوصا الكربونات وهى تمثل حوالى ثلثى خامات صناعة الأسمنت التى تقدر بملايين الأطنان سنويا . فكربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) تتحلل أثناء حرق خامات الأسمنت إلى غاز ثانىأكسيد الكربون (CO_2) الذى يمثل **44**٪ من وزن كربونات الكالسيوم، ويتبقى أكسيد الكالسيوم (CaO) الذى يمثل **56**٪ من وزن كربونات الكالسيوم، ويكون النسبة العظمى فى تركيب الأسمنت. ونفس الشىء يحدث بالنسبة لكربونات المغنسيوم ($MgCO_3$) حين توجد فى خامات الأسمنت فإنها تحتوى على **52.4%** ثانى أكسيد الكربون الذى ينطلق أثناء حرق الخامات فى الأفران.

ثانيا المواد الصلبة ، ومايعلق بها، وهى عبارة عن:

1. مساحيق الحجر الجيرى والطفلات والبيريت والجبس والجير والكلنكر.
2. قلويات (أساسا أكاسيد صوديوم وبوتاسيوم) وكرومات قلوية.
3. كبريتات.
4. كلوريدات.
5. فلوريدات.
6. مغنسيا وسيليكا وسيليكات.
7. أكاسيد معدنية متنوعة، قلوية وحامضية.

ومن حيث الكم فهذه المجموعة من العوالق الصلبة تمثل ما نسبته **15 - 20%** من كمية الخامات المغذاة للفرن – بعد ان تكلفت الملايين ومرت بثلاثة أرباع مراحل الإنتاج –

وهى تقدر بآلاف الأطنان يوميا تطلق فى الجو مع غازات العادم فى حالة فشل المرشحات فى حجزها. ويمكن للمرشحات التقليدية الجيدة أن تحجز منها ما نسبته 99.9% أو أكثر، وعندئذ لا يُرى شيئا يخرج من المداخن، فتبدو شفافة. وفى هذه الحالة تكون حدة المشكلة أخف إلا أن الضرر الغازى يظل موجودا بنسب لا يستشعرها غير المتخصص.

ونسبة كبيرة من هذه الأتربة الهاربة - فى حالة فشل أو ضعف المرشحات - لا تذوب فى الماء ومقاساتها التى تقل عن 10 ميكرون لا تحجزها الدفاعات التنفسية للإنسان، لذلك تدخل وتستقر فى الرئتين بشكل تراكمى ممرض، بالإضافة إلى ما تسببه من أمراض الربو والحساسية . هذا فضلا عن إيذائها المباشر للجلد والعيون مما يرفع نسب أمراض الرمد بين سكان المنطقة بمعدل ملحوظ.

تتنوع وتتعدد الآثار السلبية والأضرار الناتجة عن التلوث الأسمنتى فى مناطق صناعة الأسمنت، وهذه الأضرار ليست خافية. وهنا نذكربعضها بشىء من الإيجاز؛ لتكون الصورة مكتملة أمام من يعنيه الأمر. وهذه الأضرار تؤثر فى النواحى التالية:

1. صحة الإنسان بشكل مباشر وغير مباشر.
2. الثروة الحيوانية والنباتية.
3. الثروة العقارية.
4. تكاليف العلاج رغم ضعف جدواه؛ لأن محيط المنطقة لا يساعد على الشفاء رغم تلقى العلاجات المتعارف عليها فى علوم الطب.
5. الآثار السلبية على إنتاجية كل شىء فى المنطقة.
6. سرعة تلف جميع المعدات والتجهيزات فى مصانع المنطقة، إما بسبب البرى الذى تسببه الأتربة الناحتة، أو بسبب تسلل الأتربة التى تفسد أجهزة القياس والتحكم فى جميع المصانع.

7. تعويق أداء مرصد حلوان.

8. إستهلاك الطاقات والمعدات المستخدمة فى مكافحة الملوثات، كالمكانس والمكيفات والغسالات ومواد وأدوات التنظيف، وتكثيف كنس وتنظيف الشوارع ....إلخ.

9. خنق النشاط السياحى والعلاجى لمنطقة حلوان.

10. خسائر مادية وبشرية فى مصانع الأسمنت ذاتها.

وجدير بالذكر أن التشريعات البيئية العالمية الخاصة بهذه الصناعة (فى الخارج) تركز أساسا على السيطرة على المواد الصلبة (الأتربة) المنبعثة من الصناعة؛ لأن مكافحتها والسيطرة عليها ميسورة - تكنولوجيا - منذ 65 عاما وأكثر. وتحرص مصانع الأسمنت فى الخارج على الإلتزام بحدود التشريعات المحلية؛ خوفا من الجزاءات الرادعة وحرصا على سلامة المعدات وصحة العاملين وأيضا على الخامات ذاتها؛ لأنها مواد مرت بعدة مراحل تصنيعية وتكلفت ويمكن إعادة تدوير معظمها بشكل إقتصادى مشجع، ومردود كل ذلك يحسن أداء وإقتصاديات الشركة. وكثيرا ما تضطر الشركات فى الخارج لتحمل نفقات تصريف ودفن بعض أتربة الأسمنت الغير مناسبة لإعادة التدوير حاليا أو التى تزيد عن طاقة معدات التدوير؛ وذلك لحماية البيئة من آثارها.

أما بالنسبة للملوثات الغازية الناتجة من صناعة الأسمنت فنادرا ما تهتم الدول بمكافحتها لأنها مواد غير مرئية ولأن تكلفة مكافحتها عالية جدا مما يجعلها غير إقتصادية ولا عملية حتى الآن. والحل الأمثل لتفادى مضارها هو الإبتعاد بها عن مناطق العمران، وأحيانا تصدر هذه الصناعة للدول النامية؛ للتخلص من مضارها نهائيا فى الدول الغنية.

هذا ونسبة كبيرة من من الأتربة التى تجمعها مرشحات مصانع الأسمنت المصرية - رغم سوء حالتها - لا يعاد تدويرها وخصوصا "تراب الممر الجانبى **Bypass dust**" بالكامل، وهوالذى إستجد على الصناعة المصرية وضخم مشكلتها منذ تحولها إلى الطريقة

الجافة لصنع الأسمنت فى بداية الثمانينات من القرن العشرين. وهذا التراب الضار والشديد النعومة كون تلالا تخنق المصانع نفسها وتوزع الأتربة بسخاء خبيث على كل المنطقة مع كل هبة ريح. ولا يفهم من ذلك أن هذه دعوة للعدول عن الطريقة الجافة، لكن المطلوب بسرعة حسن إدارة هذا التكويم (التشوين) وكتمه حتى لا تحمله الرياح ولكى تتيسر الحركة فى محيط المصانع، إلى حين تصريفه بأسلوب علمي. وذلك سوف يستغرق بعض الوقت إن صدق العزم على تبنى الجهود البحثية بالمستوى الذى يناسب حجم المشكلة. وفى دراسة سابقة أثبت المؤلف جدوى تدوير هذا التراب، فى نفس الصناعة، من أجل حماية البيئة[10].

وبإيجاز، فلا يوجد حل سحرى ولا حلول بسيطة للمشكلة؛ لأن المستوى التكنولوجى للمسألة فوق ذلك، والمعرفة التكنولوجيا ذات طبيعة تراكمية وتأسيسها يحتاج لجهد ووقت. ولو كان الحل السريع ميسورا ما تأخر عنه كبار المسئولين الذين يودون حل هذه المشكلة ذات الأبعاد والتأثيرات المتشعبة والمقلقة. والمتاح ليس حلا واحدا - ولا يوجد ما يسمى بالحل الجذرى أو النهائى ، كما يرد فى بعض التصريحات! - بل مستويات متباينة من الحلول، كل حل بتكلفتة الموازية له ويستغرق المدى الزمنى الذى يناسبه. ولا يغرنا محاولات إسناد حل المشكلة فى عدد من شركاتنا إلى شركات أخرى ولو تغلف ذلك بمسميات متباينة؛ فما حك جلدك مثل ظفرك - ولا نلمح بأكثر من ذلك. فهذا الأمر إن قبله البعض اليوم كضرورة - تسكين - لا يجب أن يستمر مستقبلا؛ حتى نملك زمام أمرنا.... أما الحلول العلمية فلها أصولها المتعارف عليها.

وما دامت هذه المصانع قريبة من العمران فستظل المشكلة قائمة بدرجات متفاوتة من المد والجزر، ولذلك فأجدى حل هو نقل هذه المصانع بعيدا عن العمران، والجدوى الفنية والاقتصادية لهذا الحل لا شك فيها. وإلى أن يتحقق ذلك فمن حق المواطن البسيط أن يطالب بأن يكون خرج المداخن شفافا، وهذا أضعف الإيمان، ولا يحتاج فى تقييمه لقياسات فنيه لا يعرفها البسطاء من الناس.

7.5. صناعة الحديد والصلب

صناعة الحديد والصلب من أبرز الصناعات الثقيلة التى تتعامل كميات ضخمة من الصخور والأتربة وتحرق كميات هائلة من الوقود، وتتعامل مع العديد من الكيماويات، وهذه الطبيعة كافية لجعلها هى الأخرى من أخطر الصناعات على البيئة. وتتركز نقاط التلوث فى عدة مواقع مثل المحاجر، ومحطة التلبيد، والفرن العالى، وأفران الصلب (التحويل)، وأقسام الدرفلة وغيرها. ولذلك فهذه الصناعة يلزمها معدات ونظم معالجة للمخلفات والسوائل قبل صرفها، والغازات المحملة بالملوثات قبل إطلاقها فى الجو. وهذه الغازات يمكن معالجتها بطرق الغسل والترسيب، وهذا هو الشائع.

8.5. الحروب

الحروب هى أبرز مصائب البشرية وأشدها خطورة على كل صور الحياة فى البر والبحر والجو. وفى الصفحات السابقة قد وصفنا بعض العمليات والصناعات بأنها ملوثة للبيئة، وهنا نذكر أن الحروب وصناعاتها ليست فقط ملوثة بل مدمرة للبيئة، ولكن لأسباب سياسية، تذكر آثار الصناعات ولا تذكر الحروب وتوابعها!

لقد أفرزت حضارة العصر (الآلية) حربين عالميتين فى ربع قرن، والحرب العالمية الثالثة لا يكبحها إلا الرعب النوى، ولا يوجد ما يضمن ألا يفعلها مجنون وما أكثرهم. ولذلك فشل مؤتمر قمة الأرض (الأخير) فى "نيويورك" 1997. وإلى أن تقع تلك الواقعة، ستظل مخازن الأسلحة المنتشرة على ظهر الأرض تتسع والأموال تنفق وسوء الظن يتضخم. هذا ولا زالت مساحات شاسعة من سطح الأرض (ومنها أرض مصر) معطلة ومحظورة منذ عشرات السنين بسبب الألغام التى زرعها الإخوة الأعداء. وهنا يا عزيزى

القارىء، أفلا ترى أن الحديث عن تلوث الهواء يجب أن يسبقه الحديث عن تلوث العقول!

9.5. رش المبيدات

تستخدم المبيدات والمواد الكيماوية بلا حساب في مختلف مجالات الحياة بداية من قتل الحشرات المنزلية (كالذباب والبعوض والصراصير)، وتعقيم التربة الزراعية، ورش الزراعات والمنتجات الزراعية للقضاء على الفطريات والحشرات والحشائش، وتعقيم مخازن الغلال والحبوب، مما كان له آثار خطيرة وصلت لدرجة التسمم المباشر أثناء الرش في حالات عديدة، وفي قتل أغلب الحالات التي لم يتم إنقاذها.

ووصلت تلك المبيدات إلى المصارف وقتلت الأحياء المائية، ووصلت للمياه الجوفية، وثبت أنها أخلت بنظام الجينات الوراثية للنبات والحيوان والفطريات مما سبب حدوث طفرات في الاتجاه السلبي غير المرغوب، كما أدى إلى الإخلال بالتوازن البيولوجي للأرض وتهديد طبقة الأوزون بالتآكل وظهور ثقوب تسمح بمرور الأشعة الفوق البنفسجية التي تسبب الإصابة بأمراض خبيثة، وتغيرات في المناخ وإخلال دورات المحاصيل الزراعية. وكل هذه الآثار تنعكس سلبيا على الإنسان وتهدد حياته بالعديد من المضار والأمراض الخطيرة، بل وتهدد كل الكائنات الحية.

وهذه المبيات عديدة الأنواع ويعد غاز بروميد الميثيل من أخطر هذه المبيدات تأثيرا على الكائنات الحية، وهو في نفس الوقت شديد الخطورة على طبقة الأوزون، ولذلك يجب حظره هو وأمثاله والبحث عن وسائل أكثر أمانا. وجدير بالذكر أن نسبة كبيرة من هذه المبيدات تتساقط على التربة وتختزن فيها لعشرات السنين. وقد سبق أن عرضنا جانبا من هذا الموضوع في الفصل الثاني ضمن الحديث عن تلوث التربة الزراعية.

أسئلة للمراجعة

1. فرق بين الحرق والاحتراق ووضح علاقة كل منهما بالتلوث.
2. ماهى العوامل التى تضاعف من سوء الاحتراق.
3. ناقش المضار الصحية والاقتصادية والسلوكية للتدخين.
4. كيف نستشعر سوء حالة محرك السيارة؟
5. ناقش مضار صناعة الأسمنت على البيئة.

6. انتشار ملوثات الهواء

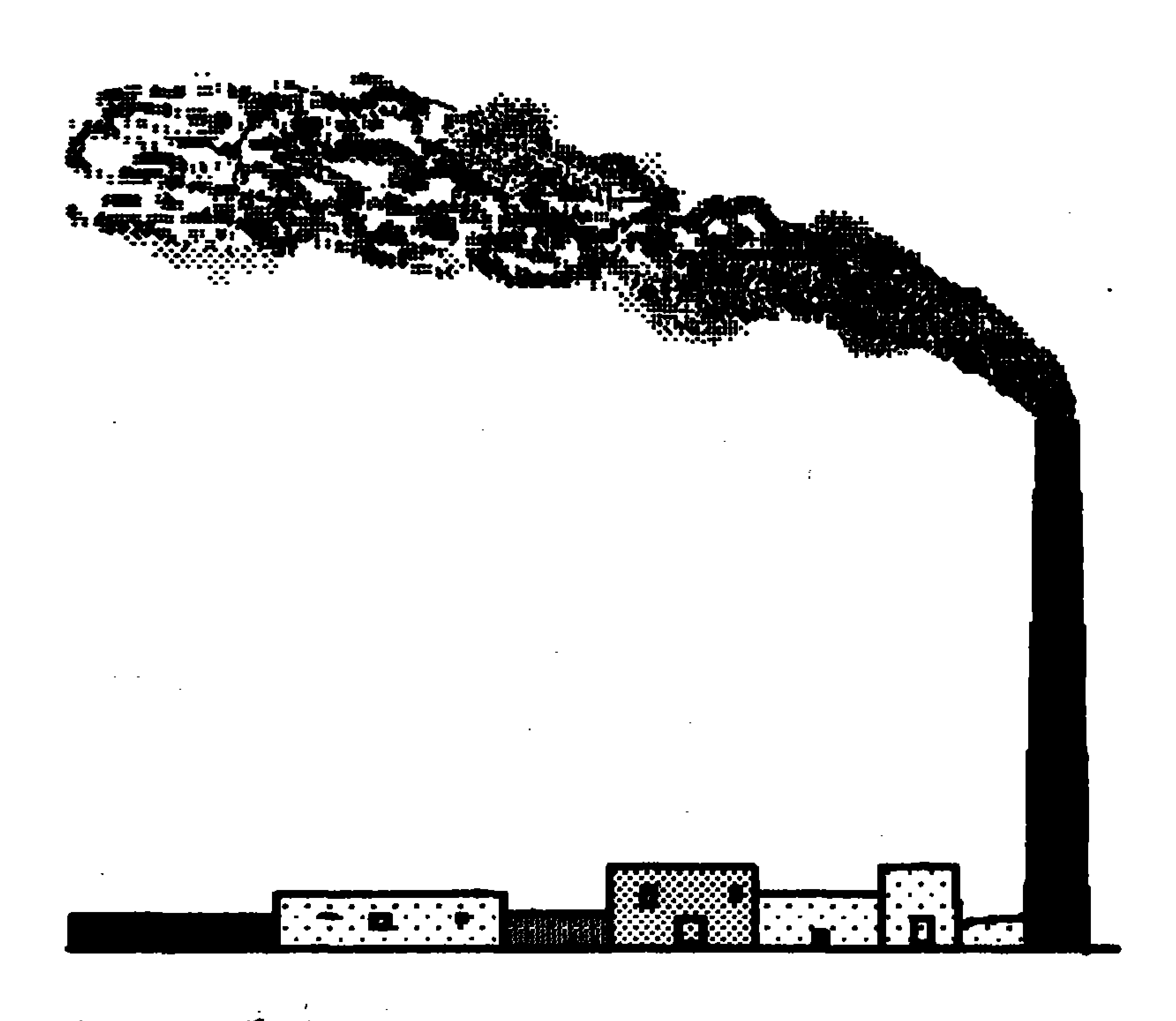
فى هذا الفصل نتناول موضوع انتشار الملوثات في البيئة، ونركز على ملوثات (خواص) الهواء. فالهواء، مادة عالية الديناميكية شديدة الميوعة والخفة، ولذلك فهو ناقل سريع الانتشار، وفعال فى التوزيع، وحركته بعوالقه لا تكاد تتوقف، وتبدأ مشكلة تلوث الهواء موضعية ثم تنتشر فى دوائر واتجاهات شتى حسب حركة الرياح والموقع الجغرافى لمصدر التلوث، حتى تصل الملوثات للمستوى العالمى.

وأشد المناطق تلوثا هى تلك المحيطة بالمصدر، وتخف درجة التلوث كلما بعدنا عن المصدر، ولولا هذا التوزيع (التشتت) الذى تحدثه الرياح لتعذرت الحياة عند مصدر التلوث. وهذه الملوثات تصل فى النهاية لتستقر (موزعة) على سطح الأرض (برا وبحرا).

1.6. انتقال الملوثات

تنبعث الملوثات المركزة من نقاط محددة فى مصادرها بسرعات ومعدلات متفاوتة، حسب سرعة الرياح. ومصادر انبعاث الملوثات إما أن تكون نقطة (مفردة) كالمدخنة (شكل 1.6)، أو الحريق، أو ماسورة العادم، أو على شكل خط كمجموعة المادخن، أو الطريق الترابى، وإما أن تكون مساحة كجراج السيارات الكثيرة. ولحركة الرياح أكبر الأثر فى توزيع ونشر هذه الملوثات وتخفيف تركيزها فى الأماكن المحيطة بالمصدر، وتخلف هذه الانبعاثات آثارا محلية وإقليمية وربما عالمية.

وتصريف غازات العادم تتم فى العادة بدفعها بعيدا عن المصدر دون الحرص على تهذيب نوعيتها. هذا برغم أن معظم غازات العادم يمكن معالجتها فنيا وتقليل مضارها. بالامتصاص أو الامتزاز (Adsorption) أو الأكسدة أو الفصل أو الإزالة بأى من الطرق التقليدية المعروفة.



شكل (1.6). انبعاث الملوثات الصناعية.

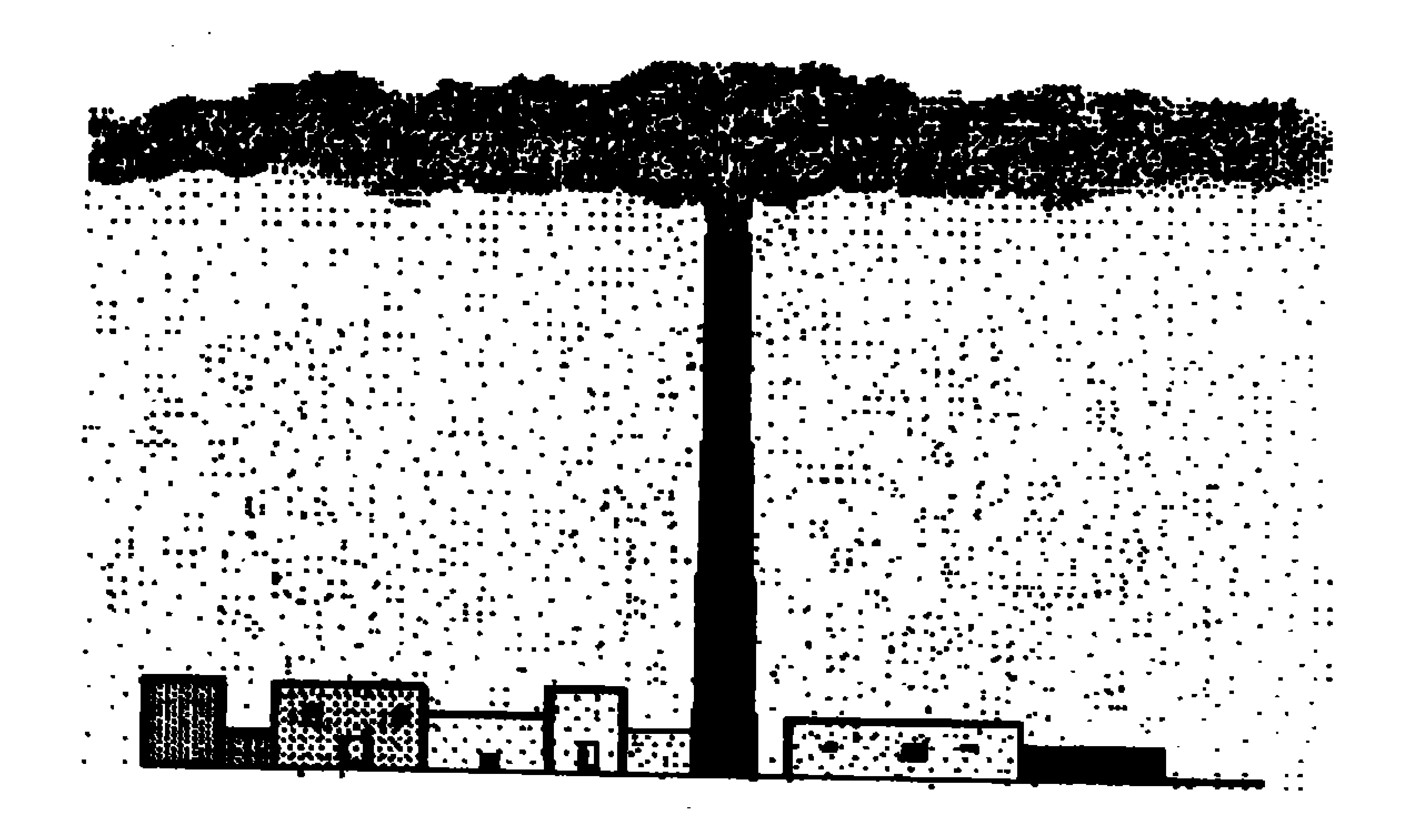
وتتوقف المساحة التى تنتشر فيها الملوثات على:

1. مدى دقة الملوثات: فكلما كانت الملوثات دقيقة كلما أمكن للهواء حملها إلى مسافات بعيدة.

2. ارتفاع مصدر الانبعاث: فكلما كان المصدر مرتفعا (كالمداخن) كلما أمكن النشر بعيدا عن مصدر الانبعاث، وتوسيع مساحة الضرر. والعلاقة عكسية بين أقصى تركيز للملوثات ومربع ارتفاع المدخنة.

3. سرعة واتجاه الرياح: فالسرعة واتجاه الريح تحددان المجال الذى تنتشر فيه الملوثات، وشدة اضطراب سرعة الريح تزيد من من عنف التلوث وتخلطه بملوثات أخرى أرضية.

وفى حالة الانقلاب (الجوى) فإن غازات العادم تتراكم حول مصدر الانبعاث ويضمحل معدل تصرفها؛ لأن الهواء المستقر فى طبقة الانقلاب يحول دون انسياب ذيل المدخنة فى طبقة الانقلاب فيهبط نحو الأرض بدلا من أن يصعد مما يسبب الأزمة، وتصبح المنطقة المحيطة بالمصدر وكأنها مسقوفة بغطاء من الملوثات كما هو ممثل فى شكل (2.6).



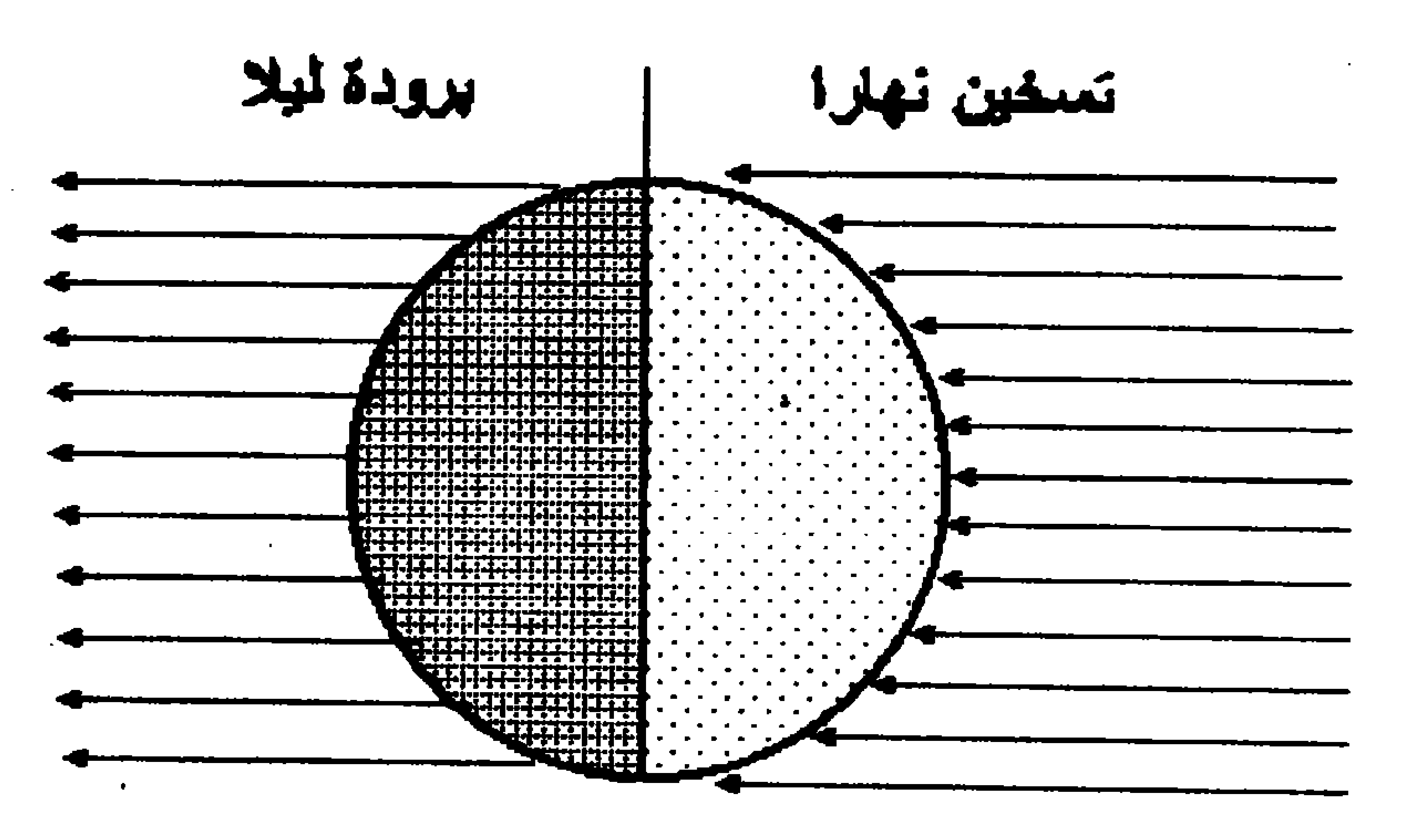
شكل (2.6). تراكم الملوثات فى حالة الانقلاب.

مما سبق يتبين أن التلوث يبدأ محليا، ثم يتوزع ليشمل دوائر أوسع فأوسع حتى يصبح مشكلة عالمية بكثافات متباينة على حسب البعد عن المصدر. ولذلك فتلوث الهواء لا تحده الحدود الجغرافية ولا التقسيمات السياسية. فعندما انفجر المفاعل النووى فى "تشيرنوبل" فى أوكرانيا، تلوثت الزراعة فى وسط أوروبا حتى ألمانيا والنمسا. وعندما اشتعلت أبار البترول فى الكويت، أثناء حرب الخليج، تغطت قمم الهيمالايا بالسواد.

2.6. حُمى الأرض

تراكمت آثار التلوث - الذى سببه الإنسان - لتلف الكرة الأرضية بكاملها فى تهديد شامل للجميع، وذلك فى صورة ما يسمى بحمى الأرض. فالأرض تستقبل طاقتها الحرارية من الشمس، وظلت الأرض لآلاف السنين فيما يشبه حالة التوازن الحرارى شبه المستقر، أى أن ماتكتسبه الأرض من حرارة الشمس نهارا تفقده فى الفضاء ليلا عبر الغلاف الجوى، كما هو ممثل فى شكل (3.6). وفى هذه الدورة اللطيفة تتواصل الدورات الحرارية والحيوية ويدور الماء فى دورة التطهير والتلطيف المستمرة ، فى الغلاف الجوى، **بين السماءوالأرض.** ولكن بسبب ما أوضحناه قبلا فقد اختل تركيب هذا الغلاف وتغير خصائصه، وأصبحت الأرض محاطة بغلاف غازى ملوث شبه كاتم (حابس) للحرارة مما أخل بالتوازن الحرارى والحيوى، وجعل الأرض (الآن) أسخن مما كانت فى الماضى، بمعنى أنها تفقد حرارة أقل مما تكتسب؛ بسبب تغير (تلوث) مكونات الغلاف الجوى الذى أصبح يمثل ما يشبه "الصوبة" المغلقة التى تمتص أكثر مما تفقد. ويضاف إلى ذلك أن مخزون الكربون الذى تكون على مدى آلاف السنين يحرق الآن فى عشرات السنين. فغاز ثانى أكسيد الكربون (مثلا) يسمح بنفاذ الإشعاعات الشمسية ذات الموجات القصيرة التى تسخن الأرض، وفى نفس الوقت يمنع (يحبس) الأشعة ذات الموجات الطويلة الصادرة من الأرض إلى الفضاء مما يترتب عليه تسخين الأرض.

وفى مؤتمر ريودى جانيرو الذى عقد 1992 ذكر أنه فى المدة من عام 1890 إلى عام 1990م ، أى فى حوالى مائة عام ارتفعت درجة حرارة الغلاف الجوى بمقدار 3 درجات مئوية ومن المنتظر أن يزيد هذا المعدل فى القرن المقبل مالم يتبلور الفكر العالمى الرشيد.



شكل (3.6). دورة تسخين وتبريد الأرض بتقلب الليل والنهار.

وإذا استمر الحال هكذا فمن المنتظر أن ترتفع درجة حرارة الأرض فى حدود 1.5 - 4.5 درجة مئوية على مدى ال 100 سنة القادمة، مما يعتبر أنه قد يكون أكبر من الزيادة التى ربما تكون حدثت على مدى ال 9000 سنة الماضية. وتوجد شواهد على أن متوسط درجة حرارة سطح العالم (الأرض) قد ارتفعت بما يقدر فى حدود 0.3 - 0.6 درجة مئوية على مدى المئة سنة الماضية. وتشير السجلات إلى أن عام 1995 كان أدفأ عام ، منذ بدأ التسجيل، وبعد ذلك جاء صيف عام 1998 بالغ الحرارة وتسبب فى العديد من الوفيات، كما أن منسوب سطح البحر يرتفع بمعدل حوالى 6 سنتيمترات كل 50 سنة. ورغم اعتقاد المتخصصين فى صحة هذه الأرقام، فيوجد من يشكك فى دقة

السجلات التاريخية التى بُنيت عليها، لكن كل المؤشرات والشواهد تدل على اضطراد ارتفاع درجة حرارة الأرض، وتتابع التقلبات الجوية العنيفة.

ومع ارتفاع درجة حرارة الأرض، ولو قليلا، تذوب نسبة من جبال الجليد الموجودة فى القطبين، وبذلك يرتفع مستوى المياه فى البحار والمحيطات، فتطغى المياه على الشواطىء فتغرق السهول الساحلية، وتبتلع المياه مساحات كبيرة من الجزر المنشرة فى البحار والمحيطات، وترتفع مستويات المياه الجوفية وملوحة الأرض، ويتقلب المناخ بعنف يصعب التنبؤ به وبما يترتب عليه من آثار حيوية سلبية، ويتعذر السيطرة على كارثة بمثل هذا الحجم إن حدثت.

وعلى أى حال، فقد برزت الآن أربع ظواهر مرضية محددة بوضوح تضرب اقتصاديات الحياة فى الصميم، وتهدد سلامة الأحياء، على سطح الأرض، بسبب اختلال تركيب الغلاف الجوى للأرض بفعل الإنسان، وهذه الظواهر هى:

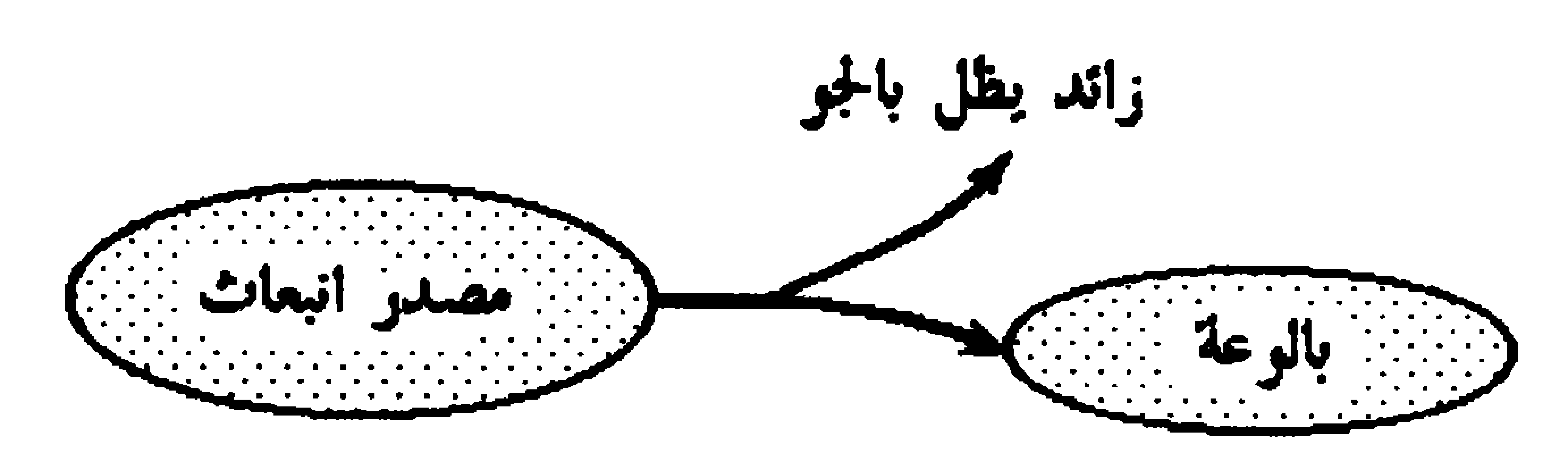
1. ظاهرة الأمطار الحمضية.
2. ظاهرة تآكل طبقة الأوزوت.
3. ظاهرة سخونة الغلاف الجوى (الاحتباس الحرارى).
4. التغيرات المناخية العنيفة التى أصبحنا نعيشها.-

هذه الظواهر تدل على وجود أعراض مرضية تلف الكوكب الأرضى. والسبب الرئيسى وراء هذه الحالة المرضية هو زيادة نسبة ما يسمى بغازات الاحتباس الحرارى (Greenhouse gases, GHGs) فى الغلاف الجوى. وحين نتتبع آلية ظاهرة "الاحتباس الحرارى"، نجد أن أغلب المكونات الصغرى للهواء الجوى (أى ما عدا الأكسجين والنيتروجين، كمكونات عظمى)، تمتص بعض الإشعاعات تحت الحمراء (Infra-red rays)، لكن بعضها يمتص أكثر من البعض الآخر. ولذلك فتحديد خط

فاصل بين غازات الاحتباس (GHGs) وغيرها ليس سهلا، لكن يمكن تحديد مجموعة غازات تلعب دورا بارزا فى آلية هذه الظاهرة.

تركيزات جميع غازات الاحتباس الحرارى تحسب بالموازنة بين مصادر (تنفث)، و"بالوعات" (Sinks) تبلع. وعلى ذلك فيوجد طريقان أمام البشر لزيادة تركيز تلك الغازات بالجو:

1. زيادة المصادر التى تنتج هذه الغازات، وذلك يحدث بزيادة الأنشطة الصناعية وخصوصا الحرق.
2. تقليص طاقة البلاعات التى تمتص تلك الغازات، انظر شكل (4.6).



شكل (4.6). المصدر والبالوعة لغازات الاحتباس الحرارى.

وأبرز غازات الاحتباس الحرارى من الناحيةالنظرية هو بخار الماء، ولكن هذا الغاز يدور - بفضل الله - فى دورة التطهير المتوازنة (بين التبخير والمطر)، ومن رحمة الله أن هذه الدورة أحكم من أن تتأثر كثيرا بالأنشطة البشرية، لأنها تتأثر بشكل غير مباشر بآلية تغذية خلفية (Feedback) هامة تتسبب فى عودة الماء للأرض على هيئة أمطار. وبذلك يمكن تبرئة بخار الماء من تهمة الحبس الحرارى.

الغازات الأخرى التى تظل موضع الاتهام باعتبارها GHGs، تتزايد مباشرة بالأنشطة البشرية وتصعد فى الجو بدون آلية إرجاع متزنة، وتظل تفعل بالجو ما تفعل. أبرز هذه

الغـازات: ثـانى أكسـيد الكربـون، الميثـان، وغـازات "الكلوروفلورو كربـون" (CFCs)، وأكسيد النيتروز. ويأمل العلماء فى إمكانية إقنـاع مـن يملكـون سـلطة إصـدار القـرارات ووضع الخطط لتخفيض انبعاث غازات الاحتباس الحرارى، ولو بنسبة محدودة مـع مطلـع القرن القادم.

المصدر الرئيسى لغاز ثانى أكسيد الكربون "المستجد" هو حرق الوقـود الحفـرى وبدائلـه. ولأن غاز ثانى أكسيد الكربون غاز مستقر كيميائيا عند درجات حرارة الجو، فإنه يمكـن أن يظل فى الجو لعشرات السنين مالم يتم إزالته. وهذه الإزالة تحدث بشبكة معقـدة مـن البالوعات الطبيعية. أغلب التقديرات تُرجح أن ثلث ثانى أكسيد الكربون الذى يزال مـن الجو تبتلعه المحيطات، التى نعتبرها أكبر بالوعة، حيث يدخـل ثـانى أكسـيد الكربـون فـى مركبات شبه مستقرة تتكـون فـى البحـر. والبالوعـة الهامـة الأخـرى هـى عمليـة التمثيـل الضوئى فى النباتات على **البر**، والأحياء المائية فى **البحـر**. أغلـب ثـانى أكسـيد الكربـون الذى تمتصه هذه النباتات والأحياء يعود فينطلق مرة أخرى عندما تمـوت تلـك الأحيـاء أو تأكلها الحيوانات، ونسبة صغيرة فقط هى التى تزال بصفة دائمة.

الآن، ثانى أكسيد الكربون ترتفع نسبته فى الهواء الجوى فوق معدلها الطبيعى، وتتغير هيئة الدورة الكربونية المعقدة. وهذه الدورة تتأثر أيضا بتدمـير الغابـات وبالتغذيـة الخلفيـة بـين سخونة الأرض، وبين العمليات الكيميائية والحيوية فى المحيطات.

غازّ الميثان يعد أيضا من غازات الاحتبـاس الحـرارى، وينتـج عـادة بسـبب العـدوان علـى الغابات، واستخراج الفحم من المنـاجم، وأثنـاء استخـراج الغـاز الطبيعـى. أيضـا المنـاطق القطبية قد تكون أحد المصـادر فـى حالـة تنميتهـا، أو حـين تسـخن الأرض، ممـا يسـبب انطلاق الميثان المحبوس فـى مـادة القطبـين. وعلـى أى حـال فـدورة الميثـان فـى الأرض لم تتحدد بصورة دقيقة بعد. وعلى عكس ثانى أكسيد الكربـون، فالميثـان يتحطـم بالتفـاعل ولو ببطء مع الكيماويات الأخرى فى الجو وفى التربة. وقد أوضح الرصد أن زيادة الميثان فى الجو قد أخذت فى التباطؤ، دون أن يعرف العلماء سببا لذلك.

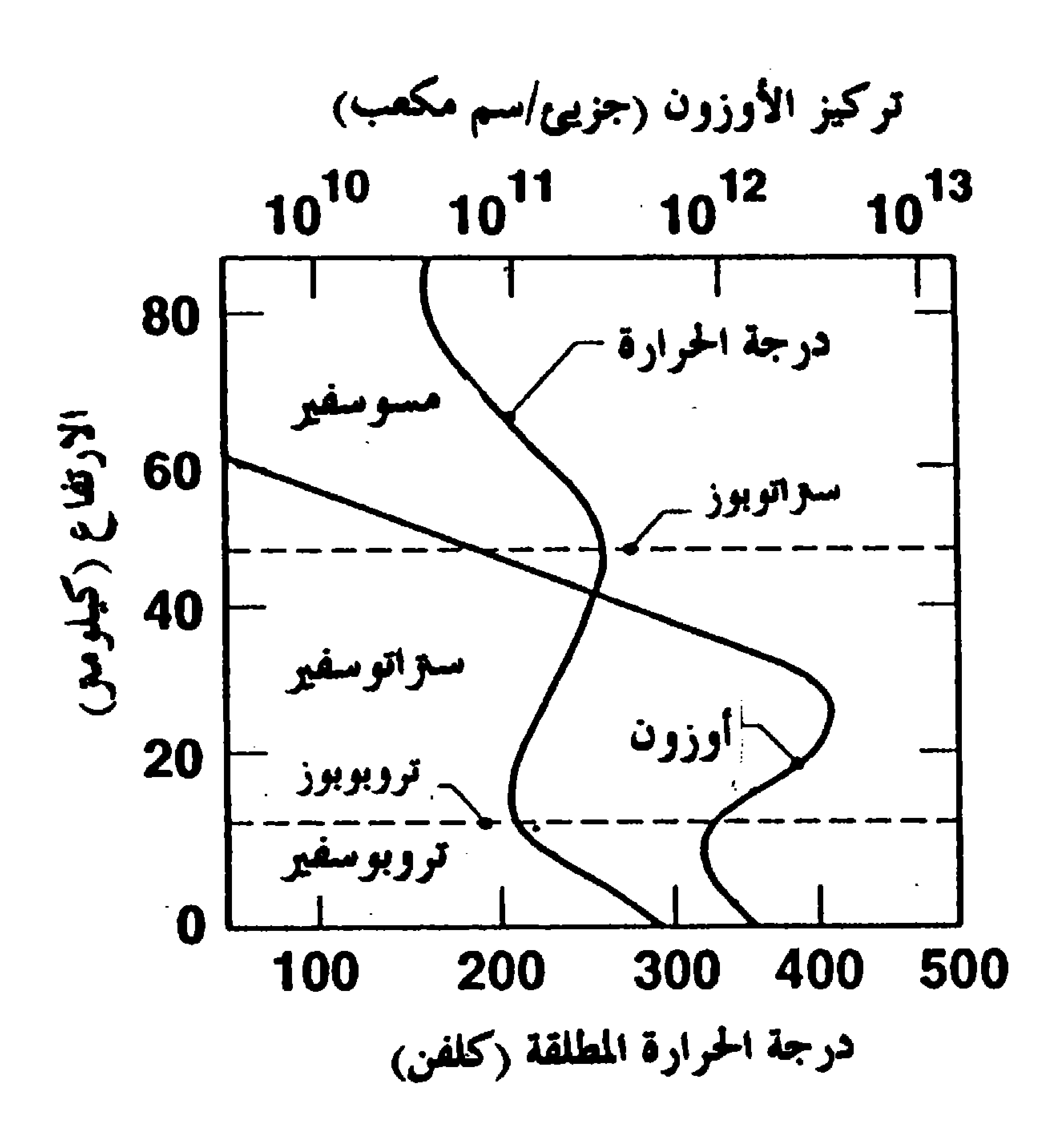
3.6. طبقة الأوزون

يلعب الأوزون أدوارا هامة ومؤثرة فى حياة البشر والأحياء الأخرى التى تعيش على سطح الأرض. فمثلا، الأوزون هام جدا لأنة يمتص الإشعاعات الفوق بنفسجية (Ultraviolet , UV)، التى تضر الأحياء، ويحول بينها وبين الوصول إلى سطح الأرض. والأوزون أيضا من غازات الاحتباس الحرارى (GHGs) وتوزيعه فى طبقات الجو يؤثر بشدة فى مناخ الأرض.

الأوزون هو الماص الأعظم لإشعاعات الشمس فوق البنفسجية التى تزيد أطوالها عن 200 نانومتر (واحد على ألف مليون من المتر). بسبب هذا الامتصاص، فالأوزون أساسى فى توضيح التوزيع الحرارى فى طبقة الستراتوسفير، فبينما تقل درجة الحرارة مع الارتفاع فى طبقة التروبوسفير، فإن درجة الحرارة تزيد مع الارتفاع فى طبقة الستراتوسفير؛ والسبب الأساسى هو امتصاص الإشعاعات الشمسية بواسطة الأوزون (أنظر شكل 5.6). وفى الشكل يلاحظ أن أقصى تركيز لطبقة الأوزون يكون فى طبقة الستراتوسفير السفلى بين حوالى ارتفاعى 20 و 25 كيلومتر. ويلاحظ أيضا كيف يتموج توزيع درجات الحرارة عند طبقتى التروبوبوز والستراتوبوز.

تناقص سمك طبقة الأوزون يسمح بزيادة اختراق الأشعة فوق البنفسجية (خصوصا UV-B التى أطوالها من 280 إلى 315 نانومتر) فتصل إلى سطح الأرض. ومن رحمة الله أن الإشعاعات فوق البنفسجية التى تقل أطوالها عن 280 نانومتر تسمى UV-C لا تصل إلى سطح الأرض؛ والسبب الرئيسى أنها تُمتص بواسطة الأكسجين والأوزون، لكنها إن وصلت لسطح الأرض فالدراسات المعملية تدل على أنها تدمر الأحماض الأمينية والبروتينات التى تعتبر الجزيئات الأساسية للحياة. وبالرغم من أن الأشعة UV-B ليست بخطورة UV-C فإنها تزيد فرصة حدوث سرطان الجلد والكتاراكت (المياه البيضاء)،

وإضعاف الجهاز المناعي. وقد أثبت الباحثون في استراليا أن ما يسمى بثقب الأوزون يهدد المحاصيل الزراعية بأضرار جسيمة؛ لأن الأشعة فوق البنفسجية النافذة من خلاله تدمر مادة الكلوروفيل الخضراء والبروتين، مما يقلص قدرة النبات على امتصاص ثاني أكسيد الكربون.



شكل (5.6). توزيع الأوزون ودرجات الحرارة في الجو*.

*عن الجمعية الأمريكية للتسخين والتبريد والتكييف.

غازات الفريون (CFCs, Freons 11, 12 , 13) هـى مفسد صريح ومباشر للغلاف الجوى(طبقة الأوزون)، وهى تهمة ثابتة فى سجل وتـاريخ التكنولوجيا الحديثة. هذه الغازات لا يوجد لها مصدر طبيعى، وعلى ذلك فكل غازات CFCs الموجودة فى الجو وُجدت بفعل الإنسان من البخاخات (Sprays)، ووسائط التبريد (Refrigerants)، وإنتاج الرغاوى (Foam) والمذيبات. وهذه الغازات بالإضافة إلى دورها المدمر لطبقة الأوزون، فهى غازات احتباس حرارى فعالة ومستوياتها فى تزايد متسارع من أجل السعار فى كسب الأموال، لحساب مجموعة شركات على حساب بيئة العالم كله.

ومن المعتقد أن البخار الناتج من الطائرات التى تفوق سرعة الصوت تساهم أيضا فى خفض الأوزون فى طبقة الستراتوسفير.

4.6. التلوث الضوضائى

تنتقل الموجات الصوتية لسمع الإنسان وجسده عبر الهواء المحيط به، فتؤثر فيه بدرجات متفاوتة، فإن كانت فى المدى المحتمل فلا بأس، وإن كانت فى المدى الهادىء فما أروعها، ولكن حين تصل للمستويات التى تسبب الضرر فيجب تدراك الأمر بسرعة. فالأصوات الشديدة يمكن أن تقتل الإنسان، وتطوير أسلحة الموجات الصوتية المهلكة لم يعد سرا، وقد أثبتت الدراسات أن الأصوات المرتفعة قد تؤدى إلى قتل الإنسان، وقبل ذلك بقرون فقد ثبت فى محكم التنزيل أن العزيز الجبار فد أخذ (أهلك) قوم لوط بالصيحة.

وبسبب كثرة المعدات فى العصر الحديث والمغالاة فى استخدامها، فقد أصبحت الضوضاء تطارد الإنسان فى كل مكان. وانتشار الأجهزة الكهربية وتعدد أغراضها جعلها أكثر استخداما حتى فى المسكن والمكتب، مما أوجد إلى جانب المنفعة بعض الجوانب السلبية التى تتمثل فى الضوضاء والتلوث الإشعاعى وزيادة استهلاك الطاقة.

والضوضاء هى اضطرابات صوتية (اصطناعية) ضارة بسلامة الإنسان، تسرى إليه عبر الهواء فتؤذى سمعه وأجهزته، وتقلق راحته وتتلف أعصابه. والضوضاء تسبب اضطراب الجهاز العصبى الذى ينتقل أثره إلى القلب والأوعية الدموية والغدد ومراكز الإحساس فيصبح الإنسان عاجزا عن التركيز الذهنى. وأيضا ثبت أن الضوضاء تؤثر على الجسم الداخلى للعين، وتؤدى إلى تدهور السمع.

وهذه الضوضاء تتولد بفعل الإنسان بسبب دوران المحركات والماكينات والطائرات والقطارات وتشغيل الأجهزة الصوتية وفوضى السلوك فى الأماكن المزدحمة، والصراخ فى الأسواق وأماكن اللهو والعبث.

ويصبح الصوت ضوضاء أو ضجيجا عندما يكون مرتفعا أو غير متجانسا (منكرا)، وفى هذه الحالة نعتبره ملوثا وقتيا للهواء.

والضوضاء تسبب العديد من المشاكل الاجتماعية والصحية العضوية والنفسية للإنسان. فالضوضاء تؤدى للإصابة بالإجهاد العصبى الناتج عن زيادة الأدرينالين فى الجسم مما يؤدى إلى ارتفاع مفاجئ وعنيف فى ضغط الدم واحتراق كمية كبيرة من السكر بالجسم مما قد يدفع الإنسان لمحاولة تعويض الطاقة المحترقة وبالتالى قد يعرضه للتخمة وأمراض القلب والسكر، وتضطرب الغدد الصماء. وشدة الصوت تؤثر بشدة على الجهاز السمعى.

حتى الموسيقى، برغم ما قد تستهدفه من سمو تربوى وروحانى وما تتصف به من جمال ورقة، أصبحت بعض أنواعها العنيفة مصدرا للضوضاء المؤذية ... وقد أثبتت الدراسات أن الآثار السيئة للموسيقى الصاخبة تضر الجنين فى بطن أمه، وتصيب العازفين والمستمعين بأضرار أوضحها الصمم وفقدان الحس الموسيقى، والاضطرابات النفسية والعصبية والعضوية. وتشير الدراسات إلى وجود 28 مليون أمريكى ذوى إعاقة سمعية، 10 ملايين منهم نتجت إصاباتهم عن الضوضاء التى يصنعها الإنسان، وبنفس السبب يوجد حوالى 30 مليون أوروبى مصابون بضعف السمع رغم الهدوء الافتراضى الذى

يعيشونه. كما أن عنف الموسيقى يؤدى إلى السلوك العدوانى نتيجة حالة اللاوعى التى تفقد الإنسان السيطرة على تصرفاته.

وتقاس شدة الضوضاء بوحدة خاصة تسمى "ديسيبل" (Decibel, dB) وهى مكونة من مقطعين "ديسى" وتعنى عُشر، و "بل" وهو اسم مبتكرها الأمريكى A.G.Bell. ومقدر البل هو لوغاريتم النسبة بين الضغط الميكانيكى الناتج عن موجة الصوت وبين ضغط قياس مقداره 2. 0.00 داين على السنتيمتر المربع. والديسيبل هو أقل درجة صوت يمكن للشخص الجيد السمع أن يسمعها. ويقدر الهمس ب 30dB والكلام المعتاد من 30 إلى 50 ، والصياح يصل إلى 90dB.

الضوضاء العالية بدءا من صوت أجهزة الراديو (العالية الصوت) ومكبرات الصوت فوق ال 80 ، والدراجة النارية و عربات النقل واللورى(90) "ديسيبل"، "الشنيور"، والمنشار الكهربائى (110) "ديسيبل"، والترام التقليدى من 100 إلى 130، وكل هذه المستويات تؤثر سلبيا على السمع وغيره. وإذا وصلت الضوضاء إلى 120 "ديسيبل" فما فوق فإنها تسبب الألم الفورى، ويضطر الإنسان تلقائيا لوضع يديه على أذنية كمحاولة لتخفيف الألم. وضوضاء إقلاع الطائرات قد تصل إلى 200 "ديسيبل" وهذا المستوى فى منتهى الخطورة ويسبب مشكلة ضخمة لما يترتب عليه من آثار نفسية واقتصادية سريعا. أما الأصوات البالغة الشدة التى تنتج عن الانفجارات القوية فيمكن أن تدمر الجهاز السمعى وتتسبب صمما تاما ونهائيا، وأيضا يمكن أن تقتل.

وتؤكد الدراسات أنه إذا تعرض 100 من عمال المصانع يوميا لضوضاء 80 "ديسيبل" (فى حياتهم العملية) فيصاب منهم 3 بصمم، ويزداد عدد المصابين إلى 11 إن ارتفعت شدة الصوت إلى 90 "ديسيبل"، وإلى 32 إن ارتفعت شدة الصوت إلى 100 "ديسيبل"، وهكذا تتضاعف نسب الإصابة بزيادة شدة الصوت. وللحفاظ على سلامة السمع يجب الأتزيد شدة الضوضاء عن 60dB.

وإن كان التعرض لضجيج العمل مفهوما ومبررا، فما يحدث من ضجيج في الملاهي والكباريهات وصالات "الديسكو"، والأفراح الهمجية، والموالد المبتدعة لايمكن تبريره لدى العقلاء، ويسبب ضعف السمع ويؤدى لاختلاط الكلمات المسموعة وبالتالى عدم فهم الحديث مع الآخرين، وينتج عن ذلك أيضا الشعور بطنين الأذنين ليلا وحين تسكن الأصوات، ويسود الهدوء.

والنوم المريح يستلزم ألا تزيد شدة الضوضاء عن 35dB . وجدير بالذكر أن مستوى الضوضاء فى وسط القاهرة بلغ 96dB .

5.6. التلوث الإشعاعى

الإشعاع يتولد من وجود عنصر مشع ينبعث منه جسيمات بالغة الدقة لها نشاط إشعاعى يعرف بالتفتت. وعملية التفتت أو الإشعاع الطبيعى تحدث عندما تتكسر ذرة ثقيلة من العنصر المشع فينتج عنصر آخر يبث طاقة اشعاعية. وهذه المواد المشعة الدقيقة يمكن أن يحملها الهواء، وهى عادة تكون موجبة الشحنة. وهذه المواد بطبيعتها وأحجامها تميل إلى التعلق بالغبار الصغير الحجم الذى يدخل، مع التنفس، لرئتى الإنسان. كما أنه يعلق أيضا على الأسطح الموجودة والمعرضة للهواء الملوث، ويوم انفجر مفاعل "تشيرنوبل" حمل الهواء التلوث الإشعاعى من أوكرانيا إلى ألمانيا والنمسا.

والإشعاع يمكن تعريفه على أنه طاقة تنتقل فى الفضاء. وهذه الطاقة تنقسم إلى نوعين:

أ. كهرومغناطيسية ، مثل إشعاعات "إكس " و "جاما".

ب. دقائقية (Particulate)، وتكون على هيئة جسيمات "ألفا" و "بيتا"، والفوتونات والنيوترونات.

وبالإضافة إلى كوارث التفجيرات النووية، يتعرض الإنسان والأحياء لتنوع متزايد من مصادر إشعاعية منخفضة المستوى، هيأها الإنسان نفسه. هذه المصادر تشمل أشعة "إكس"، والمواد المشعة، والوسائل الإلكترونية فى المنزل والمكتب والمستشفى والمصنع والمزرعة ... إلخ. والتزايد فى عدد المصادر الإشعاعية وعدد الأشخاص الذين يتعرضون للأشعة يرفع درجة الخطر الإشعاعى على الصحة العامة. وتعدد استخدام هذه الأجهزة يصاحبه، إلى جانب الضوضاء، انتشار الموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد المنخفض، وما ينتج عن الأجهزة من إشعاعات وخاصة التلفزيون وأجهزة الميكروويف. ومحاصرة الإنسان بالمجالات الكهرومغناطيسية قد يسبب أمراض العيون واختلال الجهاز العصبى وأمراض الحساسية وغيرها. ومعلوم أن التلوث الكهرومغناطيسى يؤثر على أعصاب الإنسان عن طريق تداخل الموجات الكهرومغناطيسية مع النشاط الكهربى للمخ.

فى الكائنات الحية، الإشعاع يتلف الجزيئات المركبة الموجودة فى الخلية، ويتداخل مع الأليات الكيميائية للخلية، لدرجة أنه فى الحالاة الشديدة يمكن أن يُميت الكائن الحى. وتركيب الجينات بالذات هو القابل للتأثر بالإشعاع. والخلية التى لم تقتل يمكن أن تتلف لدرجة أنها تفقد القدرة على التكاثر. وأحيانا يكون الإشعاع ضعيفا لدرجة أن التلف الحادث فى الخلية لا يمنعها من الانقسام لكنها تكون قد تغيرت لدرجة أنها ونواتجها لا يمكن أن تقوم بدورها كما ينبغى.

مثل هذه التأثيرات قد تسبب سرطان الجلد وسرطان الدم وأمراض أخرى. والإشعاع قد يولد طفرات فى الخلايا الجنسية. وحيث أن هذه الخلايا تنتقل من الوالدين للمولود، فإن الأجيال التالية تتأثر هى الأخرى[13].

وجدير بالذكر أنه إذا كانت هناك حاجة ضرورية تفرض التعرض لمستوى معين من الإشعاع، فالقاعدة الفقهية هنا أن: "الضرورات تبيح المحظورات". وتجاوز الحد اللازم يعد

إيذاء متعمدا للنفس. أما من تفـرض عليهم ظروف عملهم التعرض للإشعاع لفترات طويلة، فيجب تغييرهم بعد فترة تحددها الدراسات المتخصصة.

وجرعة الإشعاع التى تصل للرئتين مع هواء التنفس، الملوث الذى يحتوى على مواد مشعة، يحكمها عدة عوامل، منها:

1. تركيز الغبار فى الهواء المحيط.
2. معدل التنفس.
3. زمن التعرض لمصدر الإشعاع.
4. حالة الممرات الهوائية فى الجهاز التنفسى.
5. درجة التلف الحادث فى الجهاز التنفسى بسبب التدخين.

وجدير بالذكر أن أثر تنفس المواد المشعة تراكمى، وقد يسبب فى النهاية سرطان الرئة، وقد ثبت أن التدخين يعجل بذلك.

أسئلة للمراجعة

1. وضح كيف تنتقل الملوثات فى الهواء.
2. ماهى العوامل التى تؤثر على سعة مساحة انتشار الملوثات الهوائية؟
3. اشرح ظاهرة الانقلاب ووضح أسبابها.
4. ما المقصود بحمى الأرض وما مسبباتها؟
5. ما هى غازات الاحتباس الحرارى؟
6. مافائدة طبقة الأوزون، وعلى أى ارتفاع تتواجد؟
7. ماهى مضار غازات CFC؟

8. ماهى أسباب التلوث الإشعاعى؟

9. بالنسبة للتلوث الضوضائى:

أ. وضح أسبابه.

ب. كيف يقاس؟

ج. ماهى مقترحاتك للتحكم فيه؟

7. التحكم فى تلوث الهواء

وفى مجال التلوث لا يوجد مشكلة تستعصى على الحل أو السيطرة، ولكن فى الغالب يغيب الوعى بخطورة القضية ويقل الاهتمام بمعالجتها. وفى نفس الوقت لا يوجد حل نهائى لمسألة التلوث، لكن يمكن التعامل مع المسألة بفهم وحسن تقدير للموازنة بين التكاليف والفوائد. وجدير بالذكر أن تلوث الهواء يحدث أشد الضرر بالعديد من المعدات كالتوربينات الغازية والسيارات والدبابات والمدرعات وغيرها. لذلك يلزم تنقية الهواء من الأتربة قبل السماح بدخوله لهذه المعدات. وفى هذا الكتاب نعرض - بإيجاز - للتحكم فى بعض ملوثات الهواء.

وبعد طول تفكر نخلص إلى أن مكافحة التلوث هى كالحرص على النظافة العامة، والنظافة من الإيمان، والنظافة درجات، ومن الصعب أن تُفرض، ومن العبث أن ندعو عديم الإيمان للإخلاص فى مكافحة التلوث، إذ لابد من إرغامه وفرض القيود الصارمة عليه. ورغم أهمية التشريعات البيئية إلا أن أساليب التحايل عليها ومراوغتها تفوق الحصر، لذلك يلزم الوعى أولا وقبل كل شىء، وبعد ذلك تأتى التشريعات.

برغم ما ذكرناه (قبلا) عن حدة مشكلة التلوث عموما وتلوث الهواء خصوصا، إلا أن مثل هذه المشاكل وغيرها يمكن معالجتها أو التخفيف من حدة آثارها إن خلصت النوايا وصدق العزم. والحل يمكن أن يسير فى عدة محاور متوازية، نذكر منها:

1. نشر الوعى البيئى.
2. سن التشريعات ومتابعة تطبيقها بحزم.

3. السيطرة على مصادر التلوث:

وفيما يلى نتناول هذه المحاور بشيء من التفصيل.

1.7. نشر الوعى البيئى

لا يتيسر الوعى العميق إلا للرواد أولى الأبصار وأصحاب العزائم، الذين يلمسون جذور المشاكل، وليس الذين يحلون المشكلة بمشاكل، كما يحدث كثيرا؛ ودور أولى الأمر هو أن يمكنوا العلماء (الذين يلمسون الحقائق) من نشر التفكير العقلى، وتحجيم التفكير الآلى، عند الناس؛ فمقاومة التلوث مسئولية جماعية يمكن لكل عاقل أن يتحمل نصيبه منها، وعندئذ سيدرك الناس أن تضخم المدن هو الذى عقد مسألة المواصلات - مثلا - فأصبحت جملة مشاكل، وهذا التضخم هو سبب الزحام الذى يعتبر أحد جذور المشاكل المزمنة، ومترو الأنفاق، رغم عملقته الفنية، ليس هو الحل النهائى ولا المثالى.

وحين ينتشر الوعى سيبدأ الصبية - فضلا عن الكبار - يسألون لماذا تصمم الغرف السكنية مظلمة فتحتاج للإضاءة الكهربية نهارا بينما الشمس ساطعة! ولماذا نضىء عشرات الأفدنة بكثافة لنلعب الكرة ليلا! وكم نحرق من الوقود سنويا (لنلوث البيئة) ونتكلف بنية أساسية ومصاريف تشغيل وصيانة، فى سبيل تحقيق أمثال تلك الأهداف العظيمة؟!!

حين خلق الله الأرض **﴿قدر فيها أقواتها﴾** وضمن للإنسان العاقل **ألا يجوع فيها ولا يعرى**، والبيئة فيها من الموارد ما يكفى لتغطية احتياجات جميع الأحياء إن استخدمت بوعى واعتدال، ولكن من ضل عن وظيفته وتعامى عن دوره فى الحياة فقد توعده الله **بعيشة ضنكا**. وجميع المشاكل التى تواجه البشرية سببها الجذرى عقلى. ورغم أن العقل نظام منطقى فى الأساس، إلا أن الكثير من سلوكياتنا هى فى **حقيقتها لامنطقية، وأغلبها** استجابة سريعة لمؤثرات وقتية، فنتصرف آليا ونحن فى شبه غفلة. **وللأسف فهذه الحقائق**

الأساسية تخفى على الكثيرين ممن احترفوا العلوم الفنية فقط، ولا يعرفون حقيقة الحياة ولا معناها ولا دورهم الذى خلقوا من أجله، وقد تبعهم المقلدون، لذلك فهم لا يشعرون أنهم يناقضون العقل والمنطق السليم ، وأسس الهداية[8]. والسعادة لا يمكن أن تتحقق بالقوى الآلية وحدها ولا بجمع الأموال على حساب العقل والقيم السامية. ولذلك تعانى البشرية الآن ما تعانى، وستظل تعانى حتى يتم فهم حقيقة الإنسان والحياة.

بعد الحرب العالمية الثانية بدأ العلماء يلمسون خطورة التلوث وتتابعت صيحاتهم التى نتج عنها فرض بعض القيود المحلية والإقليمية على الانبعاثات التى تضر البيئة والأحياء. وبعد أن برزت مشاكل التلوث وتوحشت على المستوى العالمى، بدأت قضايا البيئة تصل لمسامع الناس منذ مؤتمر ستوكهلم عام 1972، وبدأ الوعى البيئى يتصاعد على المستوى الأكاديمى ثم السياسى، فالعالمى حتى عُقد مؤتمر قمة الأرض فى ريوديجانيرو عام 1992، وما زالت الصيحات متتابعة، رغم السلبية التى ظهرت فى مؤتمر قمة (نيويورك 1997.

والمؤتمرات والندوات المحلية لا تكاد تنقطع (ويمكن بسهولة استشعار العلاقة أو الارتباط الطردى بين مستويات التعليم والثقافة وبين الوعى البيئى لدى الشعوب) وهنا يجب الانتباه إلى خطورة الأمية المتفشية بين شعوب الدول المتخلفة (وهذه الشعوب تعانى بالفعل من مضار التلوث وتعيش مآسيه وهى لا تدرى. وبدون الوعى بالمشكلة فلا يمكن مواجهتها فضلا عن حلها)

(والتطوير الواعى أساسه الفهم والفكر الراقى) ومن المفاهيم التى أصبحت تحتاج إلى مراجعة - مثلا - (أن كثرة استهلاك الخدمات والسلع كالكهرباء والمواصلات والأسمنت والبلاستيك وخلافه أصبح يعد من المؤشرات الحضارية، بمعنى أن الشخص الذى يستهلك كهرباء أو أسمنت أو معلبات أكثر يعد أكثر تحضرا، وأصبحت الدراسات تقارن بين متوسطات الاستهلاكات كمؤشرات تحضر!)

إن الأمر ليحتاج إلى مراجعة، فى ضوء التصور الصحيح للحياة، ومن ثم أسس المفاهيم الاقتصادية وأنماط الاستهلاك. فعلى مدى القرن العشرين ظل الفكر الاقتصادى (المادى) البحت هو السائد، فما دامت العمليات أوالمشاريع ممكنة فنيا ومربحة (نقديا) يتم تنفيذها فورا، بغض النظر عن مدى الاحتياج الحقيقى إليها أو مدى تأثيرها على البيئة مستقبلا، وهذا دليل على مدى سيطرة التأثير المادى (العاجل)، والقيم الاستهلاكية، على النفوس، وهو ما أصبح سمة مميزة لعصرنا7.

ووسط الحديث عن النظريات الاقتصادية التى تقوم على أساس ندرة الموارد ترى انتشار الإسراف الذى يصل لدرجة السفه وإهلاك الموارد التىيقولون أنها نادرة وستنضب! فلماذا الإسراف إذن، ولماذا نلوث النعم وندمر مصادر تجددها!

فى سعينا فى الحياة يجب أن نميز بين الغاية والوسيلة، وهذا من أساسيات الفكر السوى، ومقومات التصور الصحيح، وعندئذ سندرك أن البناء - مثلا - هو وسيلة للحياة وليس غايتها، وعندما نعرف غايتنا فى الحياة، وما يلزمنا فيها، عندئذ ستتغير نظرتنا للعديد من الأمور والأنشطة، ونوقن بأن جولة التشجير أنفع للجسد وأسعد للنفس من حفلة الرقص، وسنجد أنه من الممكن تقليص أو إنهاء العديد من الأنشطة التى تلوث البيئة بلا ضرورة. ومن أمثلة مجالات التقليص الممكنة: تقليل استهلاك الكهرباء، الزخارف الزائدة، والمفروشات الاصطناعية المغالى فيها، والعديد من المنتجات البلاستيكية، والمبيدات حشرية ..... وغيرها. "

ومن أمثلة الأشياء التى يمكن الاستغناء عنها تماما، دون أن تتأثر نوعية الحياة ولا حتى درجة الرفاهية ، غازات الكلوروفلوروكربون، الدخان (السجائر)، الخمور، الأكواب والأطباق البلاستيك، ورق الحائط، الموكيت، بعض المثلجات والأغذية المحفوظة،

و"الديب فريزر" المنزلى، والكثير من مكسبات اللون والطعم والرائحة، بث البرامج التافهة، والألعاب الوضيعة، ونشر السلوكيات الساقطة.... وغيرها.

هذا ولا يخفى على المؤلف احتمال استغراب بعض القراء لبعض ما جاء فى الفقرات السابقة؛ بسبب الإلف والعادة، ولأنهم لا يحسبون أن لها ارتباطات قوية بقضايا ومشاكل التلوث.

2.7. التشريعات البيئية

التشريعات وسيلة ضرورية للتحكم فى أحوال المجتمعات الراقية، والحفاظ على حقوق الغير، ومنها حق العيش فى بيئة نظيفة. وفى مقدمة هذه التشريعات نجد شرع الله عز وجل، وفى ذلك يقول رسوله الكريم صلى الله عليه وسلم، فى الحديث الشريف: "لا ضرر ولا ضرار". ورغّب صلى الله عليه وسلم فى الرقى بالبيئة وتيسير سبلها فقرن بين الإيمان وإماطة الأذى عن الطريق، واعتبر النظافة من الإيمان، وحذرنا من الإسراف حتى فى المباح من الأشياء، ونهانا عن سوء استخدام النعم. ونهى صلى الله عليه وسلم عن التبول أو التبرز فى الماء أو الأماكن الرطبة المفتوحة (المكشوفة).

وفى العالم الصناعى بدأ أول حديث عن أهمية المحافظة على البيئة الطبيعية ، بتردد، على استحياء، مع بداية القرن العشرين[9] . وكان ذلك بخصوص الماء والهواء، بعد ملاحظة ما تنفثه المداخن من ملوثات، وما تسببه السفن والتلوث البترولى من مضار. وبعد ذلك بحوالى نصف قرن برزت المقننات والقياسات الخاصة بالملوثات والحدود القياسية التى يُحظر تجاوزها؛ وذلك بغرض حماية صحة الأفراد وضمان سلامة المجتمعات والأحياء.

والآن أصبح فى معظم الدول تشريعات خاصة بالبيئة، ولكن كثيرا ما نلاحظ التراخى فى التطبيق لأسباب عديدة أبرزها فساد الأخلاق والذمم، وكما أوضحنا قبلا فأساس التلوث المادى هو التلوث العقلى.

3.7. السيطرة على مصادر التلوث

قديما قالوا: "الوقاية خير من العلاج"، وتلك حكمة وقاعدة رشيدة، وبناء عليها يجب السيطرة على مصادر التلوث (فى منبعها)؛ لتحجيم ما ينبعث منها، إن كان الإبقاء على هذه المصادر ضروريا إلى حين، وهذا الأسلوب الوقائى يتفرع إلى عدة أساليب نذكر منها:

أ. إبعاد مصادر التلوث عن المناطق السكنية والسياحية بمسافة كافية يحددها الخبراء؛ فمن المعلوم أن أشد حالات (درجات) التلوث تكون عند المصدر. فإن كانت الضرورة تستدعى وجود العامل بالقرب من الفرن أو تحت المدخنة، فما علاقة الطفل، أو الحامل أو المسن أو غيره، بهذه المصادر المؤذية؟ وكيف يقبل العاقل وجود مئات المصانع والمداخن الموزعة فى أحياء مدينة كالقاهرة، مهما كانت المبررات؟! هذه المدينة تحتضن حوالى 40٪ من صناعات مصر بجانب الورش، وحوالى 700 مسبك وما يقرب من مليون مركبة تسير فى شوارعها مما جعل ساكنيها يعيشون فيما يشبه "الصوبة"، تلفها غمامة من الغازات الضارة والأبخرة والأتربة العالقة بالجو لفترات طويلة.

ب. عزل الأفراد والأغذية والمشروبات والأدوات العلاجية والشخصية عن التعرض المباشر لمصادر التلوث، سواء أثناء الصنع أو التخزين أو العرض أو المناولة. ومن الناحية العلمية والصحية، فمن الخطأ صنع الخبز - مثلا - بتعريضه مباشرة لغازات الاحتراق لأنه يمتص نسبة منها. ومن الخطأ التعرض المباشر للغازات والأبخرة والأتربة الضارة بدون معدات وقاية، وكذلك تعريض الثمار للرش المباشر بالمبيدات، أو زرع أشجارها بجوار الطرق السريعة.

ج. السيطرة على المصدر، بتطبيق التقنيات النظيفة والتى تعالج المخرجات بحيث تكون مطابقة للمواصفات البيئية. وذلك إن كان ولا بد من الإبقاء على مصدر التلوث فى موقعه مؤقتا؛ لأنه ينتج منتجات أو يؤدى خدمات يصعب الاستغناء عنها حاليا، فعندئذ يلزم تنقية الغازات المنبعثة من المصدر ، وحسن تصريف النفايات الصلبة والسائلة بطرق آمنة. وهنا نقصر حديثنا على كيفية السيطرة على ملوثات الهواء، ويمكن أن يتم ذلك بتخليص الغازات من الأتربة، ومعالجة غازاتها الضارة قبل إطلاقها فى الجو، ويجب أن نضع اقتصاديات التحكم فى الاعتبار . وفيما يلى نعرض بعض أساليب تنقية ومعالجة الغازات، ونبدأها بفصل الأتربة ثم معالجة الغازات.

4.7. أساليب فصل الأتربة

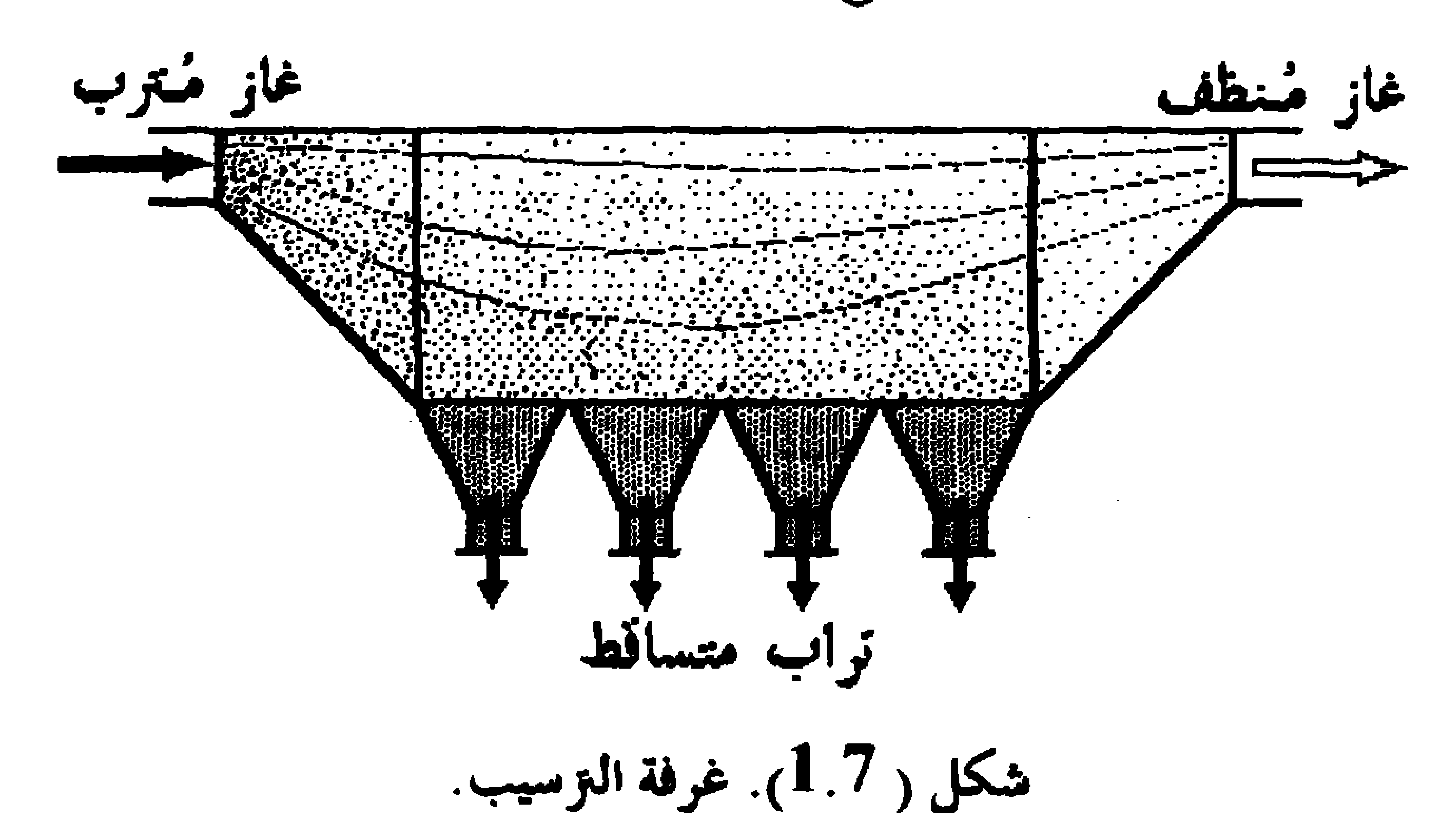
الجسيمات التى تعلق بالهواء الجوى قد تكون كبيرة لدرجة أنها تتساقط تلقائيا بسرعة، وقد تكون دقيقة لدرجة أنها تظل عالقة فى الجو حتى تزال منه بالمنظفات الجوية الطبيعية، كالمطر والرياح، أو بواسطة الرئتين أثناء التنفس، أو بواسطة المرشحات الصناعية.

ويمكن فصل الأتربة والدقائق التى تحملها الغازات بأكثر من وسيلة تكنولوجية، وكل الوسائل تشترك فى أنها تلحق بوسيلة سحب الهواء أو الغازات التى تحمل الأتربة، من مصدر التلوث، لتمر على وسيلة الفصل التى تحجز العوالق، وتسمح للغازات المُنظفة بالمرور. وفيما يلى نتناول أبرز هذه الوسائل.

1.4.7.غرف ترسيب الأتربة

هى غرف استاتيكية محكمة الجدران، شدية الاتساع ، كما هو ممثل فى شكل (1.7)، ونظرية عملها أنها تستقبل غازات العادم السريعة المحملة بالأتربة، فتقل سرعة الغازات

بشدة فى الغرفة الواسعة، وبالتالى تقل قدرتها على حمل الأتربة، فتترسب الأتربة فى أسفل الغرفة، بتأثير الجاذبية الأرضية (Gravity separation)، حيث يتم سحبها بعد ذلك والتصرف فيها، بحيث تتحول إلى حالة لا يستطيع الهواء أن يحملها مرة أخرى. وتكلفة تشغيل هذه الغرف منخفضة ولذلك فهى تعتبر أرخص وسائل فصل الأتربة.
ومثل هذه الغرف مناسبة لفصل الجسيمات الأكبر من 50 ميكرون. وجدير بالذكر أن وجود ثقوب أو فتحات بالجدران يقلل من كفاءة هذه الغرف فى الترسيب، ويزيد استهلاك الطاقة اللازمة للتشغيل مراوح السحب.



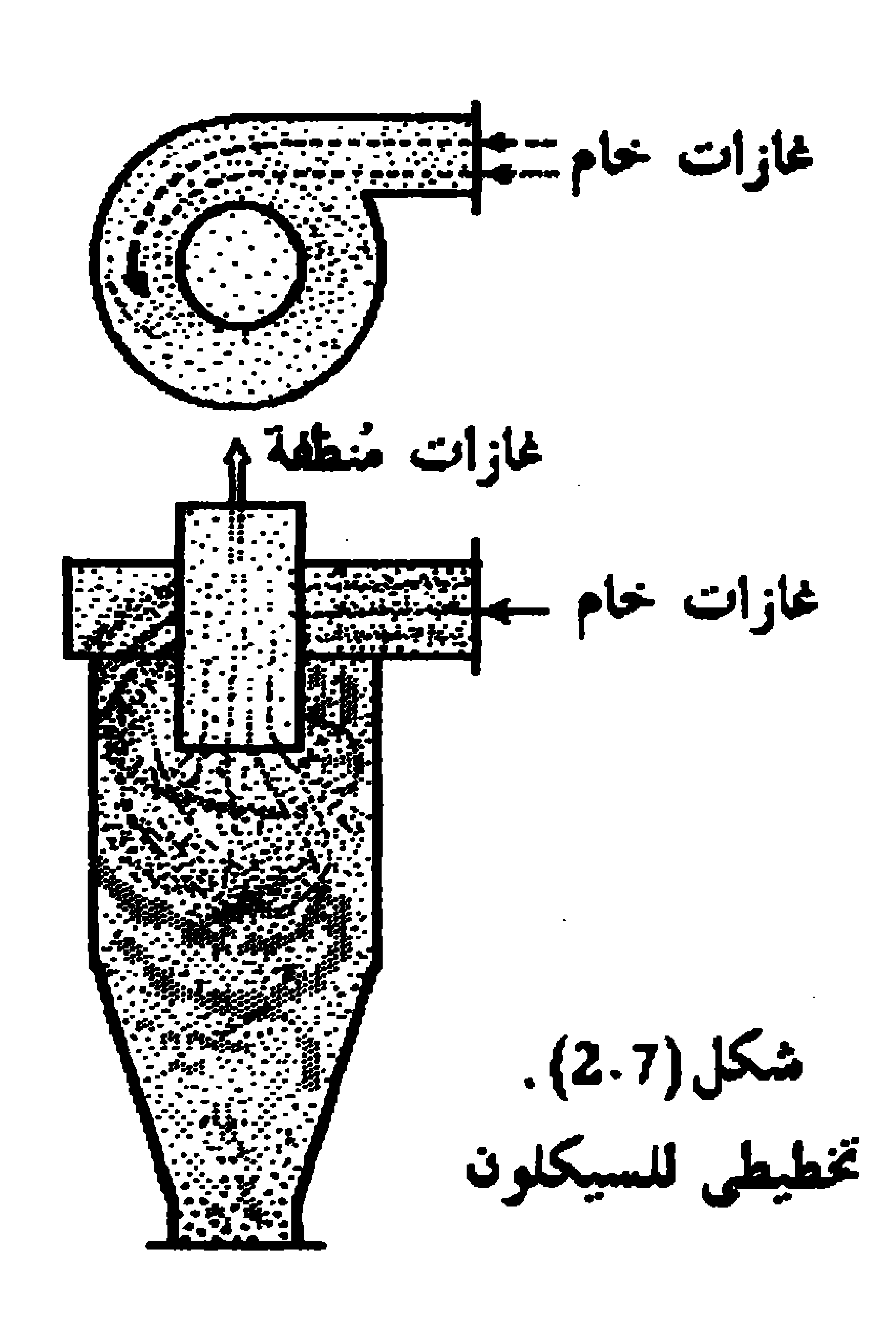
شكل (1.7). غرفة الترسيب.

2.4.7. سيكلونات الفصل

سيكلونات الفصل (Cyclone separators)، هى وسيلة ميكانيكية شائعة الاستخدام فى فصل الأتربة، وهى قليلة التكلفة من حيث التركيب والتشغيل، تدخل الغازات المتربة للسيكلون من على المحيط وتعمل بنظرية الدوامات (الطرد المركزى) التى تتفاوت فيها السرعات واتجاهات الحركة، ونتيجة لذلك تعجز الجسيمات العالقة (الخشنة) عن مواصلة السير مع الدوران الملتوى لحركة الغازات فتتساقط على محيط الحركة الدوامية بفعل الطرد المركزى والجاذبية الأرضية (كما هو ممثل فى شكل (2.7) ثم تُجمع من

أسفل المخروط ويتم التصرف فيها. أما الغازات المنظفة من فتحة علوية. والسيكلونات مناسبة لفصل الأتربة بكفاءة متوسطة، ولذلك فالسيكلون يعتبر غرفة ترسيب طاردة مركزيا.

قوة الطرد المركزى أثناء التشغيل تتراوح بين خمسة أضعاف الجاذبية الأرضية فى حالة الأقطار الكبيرة جدا (ذات المقاومة المنخفضة)، إلى خمسة وعشرين ضعفا فى الوحدات الصغيرة جدا (ذات المقاومة العالية) وقطر السيكلون المستخدم فى مجال صناعة الأسمنت يتراوح من 0.5 متر إلى 5 أمتار على حسب حجم الغازات المطلوب مرورها فيه. أما فى مجال الدبابات والمدرعات والتوربينات الغازية فأقطار السيكلونات تقل عن ذلك كثيرا.



شكل (2.7). تخطيطى للسيكلون

والسيكلونات عديدة التصميمات وتستخدم عادة في الخفض المبدئى لنسبة الأتربة (فى حالة التركيزات الشديدة) فى الغازات قبل وصولها إلى مرحلة الفصل الدقيقة، وتركب السيكلونات قبل مراوح السحب، وهى مناسبة لفصل الجسيمات التى تزيد مقاساتها عن 60 ميكرون فى السيكلونات الضخمة. ويوجد سيكلونات دقيقة تفصل الجسيمات الأدق من ذلك كثيرا. وعموما فالسيكلونات تستخدم فى فصل الجسيمات فى المدى من 5 إلى 200 ميكرون. هذا وقد أمكن تصميم نظم سيكلونات تعمل بكفاءة فصل تصل إلى 98٪ حتى فى مقاسات الجسيمات التى تقل عن 2 ميكرون.

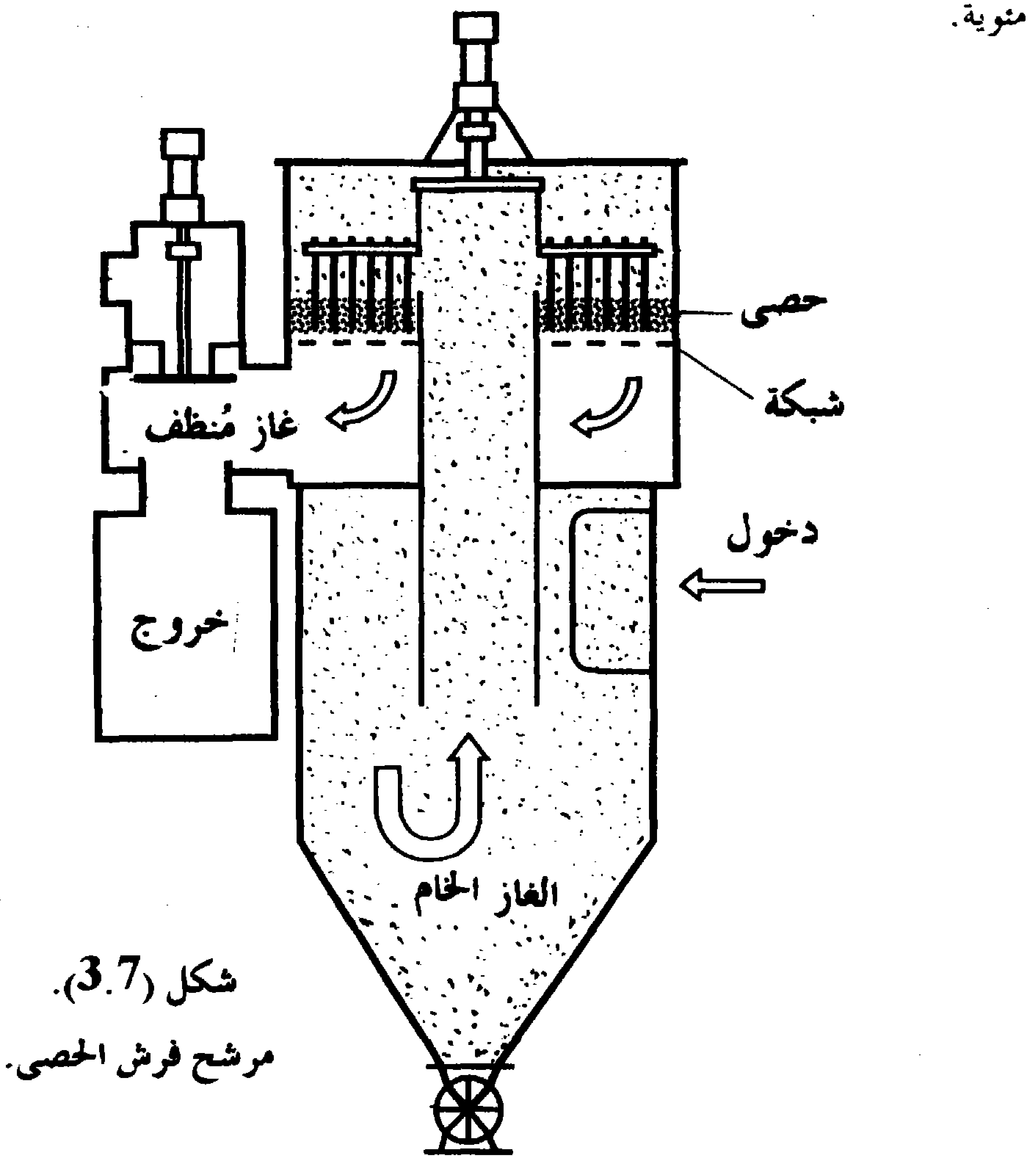
ويمكن تصميم سيكلونات تتحمل درجات حزارة حتى 1000 درجة مئوية.والأنابيب المتصلة بالسيكلونات عموما تكون دائرية المقطع ولكن أنبوبة الدخول عتد التحامها بالسيكلون تأخذ الشكل المستطيل لتهيئة الدخول المماسى. ومجموعات السيكلونات تركب فى الغالب بالتوازى مع بعضها.

3.4.7. مرشح فرش الحصى

مرشح فرش الحصى (Gravel bed filter) من المرشحات الميكانيكية التى تستخدم كمرحلة ترشيح تالية للسيكلونات؛ بغرض حجز الأتربة الدقيقة، وذلك بتمرير الغازات من خلال طبقات (فرش) من الحصى الدقيق التى تسمح بمرور الغازات، وتحجز أتربتها بكفاءة يمكن أن تصل إلى 99.9٪.

وهذا الفرش يكون في العادة من حبيبات الكوارتز بمقاسات من 2 إلى 5 مم ، موضوعة على شبكة سلك دقيقة فى غلاف اسطوانى كما هو ممثل فى شكل (3.7). وهذا النوع

من المرشحات مناسب لفصل الأتربة الناحتة ويتحمل درجات حرارة حتى 450 درجة مئوية.

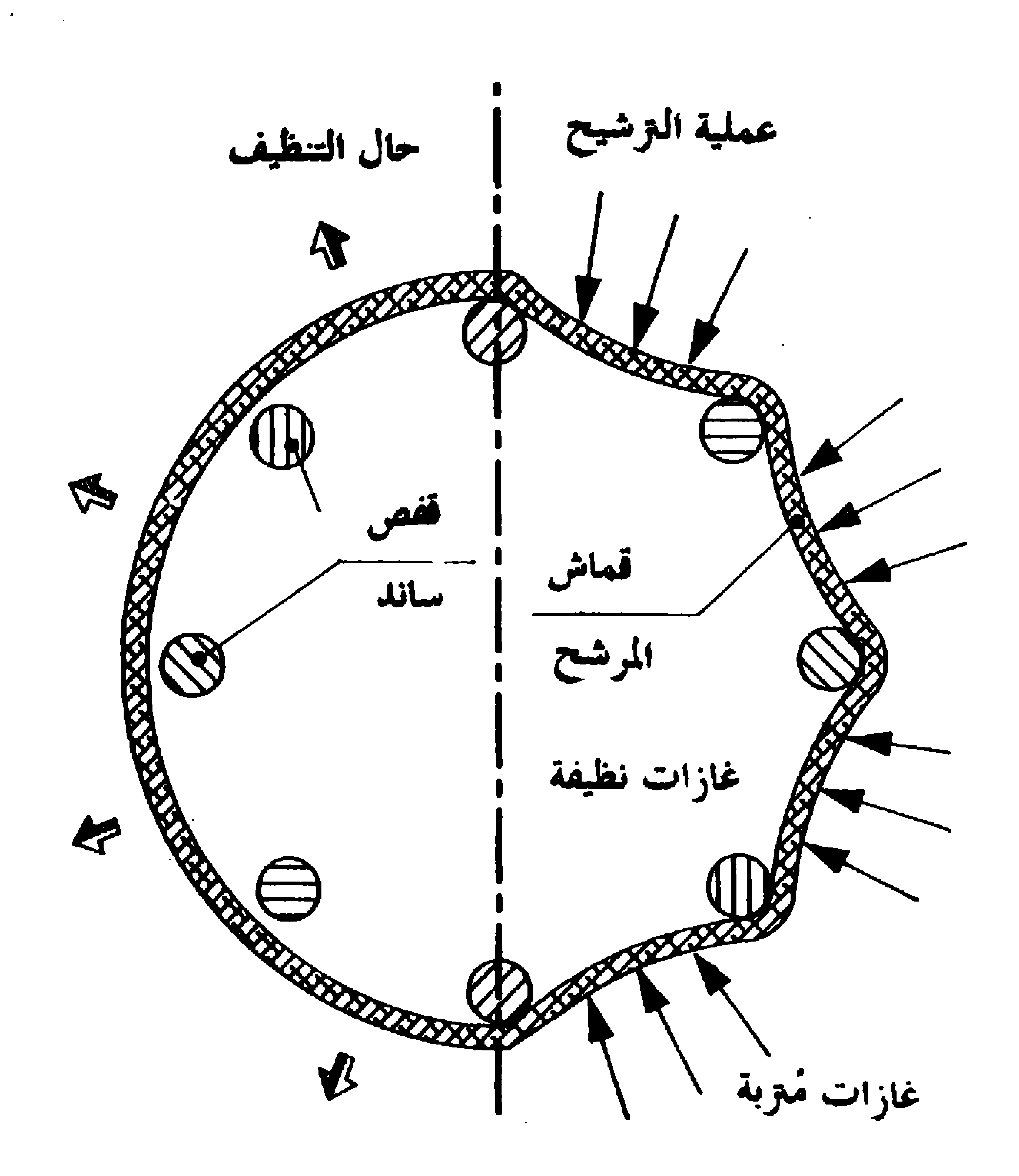


شكل (3.7).
مرشح فرش الحصى.

4.4.7. المرشح القماشي

المرشح القماشي (Bag filter) يستخدم لحجز الأتربة العالقة بالغازات ذات درجات الحرارة المعتدلة، ولا يناسب الغازات الشديدة السخونة، كتلك الخارجة من الأفران مباشرة، إلا بعد خفض درجة حرارتها؛ وذلك لأن نسيج المرشح (القماش) يتأثر

بدرجات الحرارة. ونظرية عمل هذا النوع من المرشحات هى أن القماش يعمل كمنخل دقيق جدا يمنع مرور الأتربة بحجزها على أحد وجهى القماش، وبالنفض المتتابع تتساقط الأتربة (المحتجزة) ويتم الحفاظ على نفاذية القماش لتسمح بمرور الغازات. والقماش المستخدم هو طبقات مسامية من الألياف. ولهذا المرشح تصميمات عديدة وأحيانا يسمى بشكل التصميم، كأن يقال مرشح الأكياس، أو "البنطلونات" (Bag filter).



شكل(4.7) . تشغيل وتنظيف المرشح القماشى.

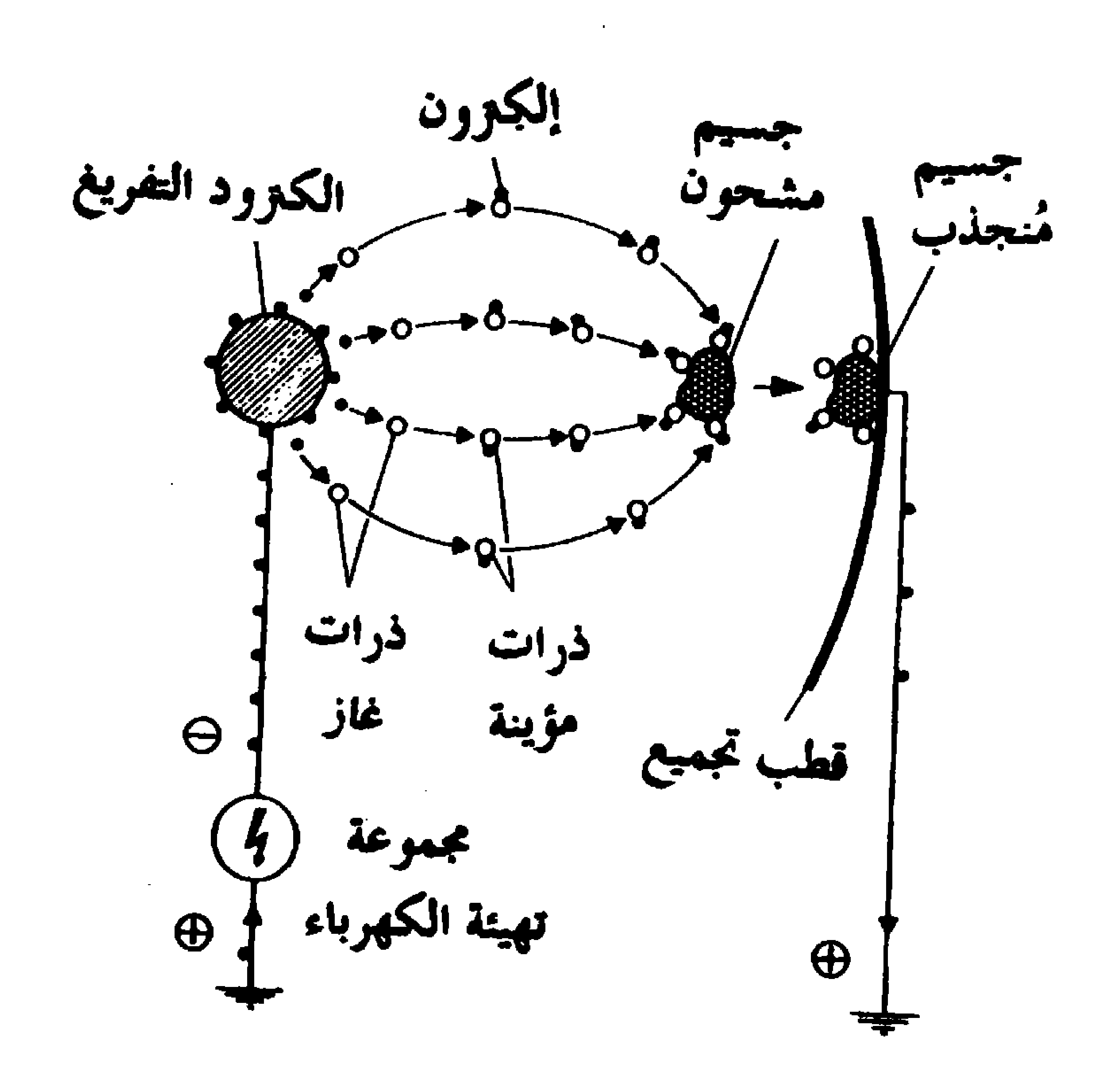
وشكل (4.7) يوضح نظرية العمل وعملية التنظيف للمرشح. وجدير بالذكر أن حدوث تقوب أو تمزقات فى قماش الفلتر، بسبب شدة الشفط، يهبط بكفاءة الترشيح إلى معدلات متدنية جدا؛ لأن الغازات المُتربة تهرب بأتربتها من هذه الفتحات؛ لأن الفتحة هى الممر الأسهل.

5.4.7. المرسب الكهروستاتيكى

المرسب الكهروستاتيكى (Electrostatic precipitator, EP)، هو المرشح الأشهر حتى الآن فى مجال فصل الأتربة. والأساس الكهربى المطبق فى هذا النوع من المرشحات (المرسبات) مناسب لفصل أدق الجسيمات بكفاءة تصل إلى ما يقرب من 100٪ نظريا؛ فلا يوجد حد أدنى لمقاس الجسيمات التى يمكن فصلها بنظرية الترسيب الكهروستاتيكى. وكما هو ممثل فى شكل (5.7)، الجسيمات العالقة فى الغاز تُشحن كهربيا وتنزع (تهاجر) تحت تأثير المجال الكهربى القوى نحو قطب التجميع، فتتجمع عليه حيث يتم نفضها بالطرق الآلى على قضبان (أقطاب) التجميع فتتساقط لأسفل حيث يتم تصريفها إلى مرحلة المعالجة المحكومة؛ لحماية البيئة منها.

أقطاب التجميع تتصل مع الأرض فى صفوف عن طريق غلاف المرسب (المرشح)، بينما أقطاب التفريغ تعلق فى صفوف (بعوازل) وتكون سالبة القطبية. هذه الأقطاب تحمل فولت كهربى D.C يتراوح من 20 إلى 100 كيلو فولت، على حسب تصميم المرشح ومجال الاستخدام. فى ناحية أقطاب التفريغ تنشأ ظاهرة التفريغ "الهالى" التى تُنتج عددا كبيرا من أيونات الغاز. وبينما الغازات تمر بين الأقطاب، فالأيونات الموجبة تنجذب نحو أقطاب التفريغ، والأيونات السالبة تهاجر نحو أقطاب التجميع. الجسيمات التى تشحن بشحنات سالبة – نتيجة التفريغ – تنجذب ناحية أقطاب التجميع (يمين شكل 5.7).

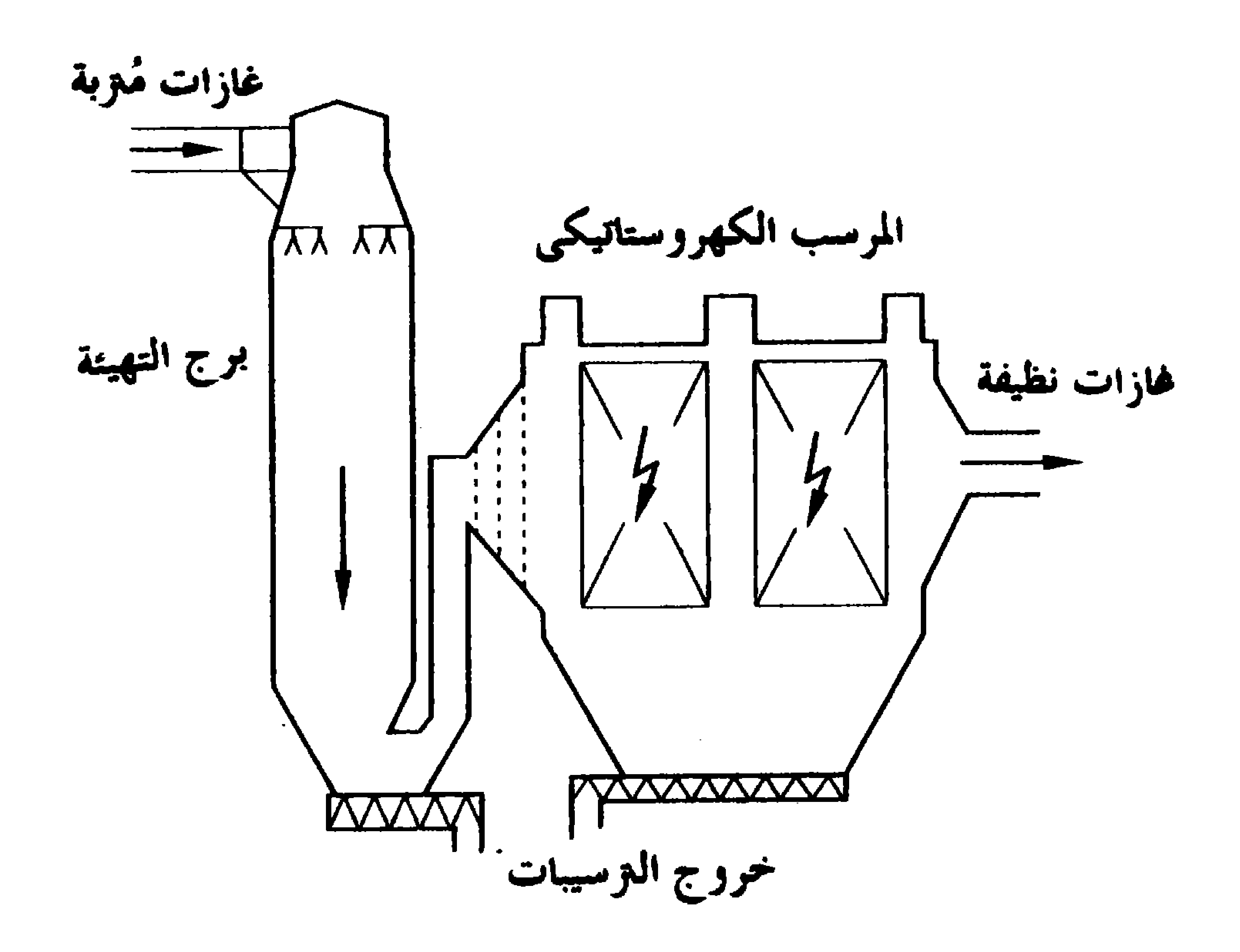
صيانة هذه النوعية من المرشحات، وحسن التحكم فى تشغيلها هو الذى يحدد كفاءة الترشيح، فالتشغيل فى هذه الحالة عملية دقيقة، وليس مجرد عملية On - Off، بل هى فى الأساس عملية تحقيق النتائج المثلى (Optimization)، ولذلك فكثيرا ما يفشل الأداء ويتعثر فى العديد من مصانع ومحطات الدول المتخلفة، فحسن التشغيل يستلزم توافق ما يزيد على العشرين معامل ومتغير.



شكل (5.7). أساس عمل المرشح الكهروستاتيكى.

ويلزم تهيئة الغازات قبل دخولها للمرشح، وذلك بخفض درجة حرارتها وترطيبها إن كانت تعمل فى المدى المنخفض، ولذلك فاهتزاز درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الغازات

يؤثر بشدة على كفاءة الترشيح. وشكل (6.7) يبين أن برج التبريد والتهيئة يجب أن يسبق المرشح الكهروستاتيكي. وتعطل هذا البرج يقصم كفاءة الترشيح. وجدير بالذكر أنه يوجد تصميمات حديثة من المرشحات الكهروستاتيكية تعمل فى المدى الساخن؛ لتناسب العمل فى المناطق الصحراوية.



شكل (6.7). المرشح والكهروستاتيكي، يسبقه برج التبريد.

5.7. معالجة الغازات الضارة

الغازات الضارة عديدة، وتركيزاتها تتوقف على نوعية مصدرها، وهذه الغازات فى الغالب لا ترى ولا يشعر بها الناس، وهى تؤذيهم فى الخفاء وبهدوء. ولذلك فإن فرضت

الظروف استخدام وحدات صناعية ينتج منهـا غـازات ضـارة فيجـب تركيـب وتشـغيل وحدات معالجة للتخلص من هذه الغازات بتحويلها إلى مركبات غير ضـارة. وفيمـا يلـى نعرض مثالين لكيفية السيطرة على هذه الغازات لحماية البيئة من مضارها:

أ. أكاسيد النيـتروجين: ويمكـن معالجتهـا بعـدة طـرق منهـا، علـى - سـبيل المثـال الاختـزال بـالتحفيز، فأكاسيد النيـتروجين (NO / NO_2) التـى توجـود مـع الأمونيا-تتحول إلى نيتروجين (N_2) وهو غاز خامل ، وبخار ماء ، وذلـك عنـد درجـة حـرارة 300 - 400 درجـة مئويـة. والتفـاعل الرئيسـى يتـم وفقـا للمعادلات التالية:

$$4NO + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$$

$$2NO_2 + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 3N_2 + 6H_2O$$

ب. نـزع الكـبريت Desulfurization: غـازات العـادم الناتجـة مـن حـرق الوقـود الحفرى (Fossil fuel) تحتوى على نسب من ثانى أكسيد الكـبريت، صغـرت أم كبرت، تتوقف على نسبة الكبريت فى الوقود. وثـانى أكسـيد الكـبريت غـاز ضار ، كما سبق أن أوضحنا، ويجب التخلص منه بقـدر الإمكـان. ومـن خـلال عدة عمليات يمكن إدخال أكاسيد الكبريت فى تفاعلات مع الحجـر الجيرى، أو الجير الـمُطفأ، أو كربيد الكالسيوم أو الجير القياسى. وناتج مثل هذه التفـاعلات هو الجبس وهو مادة مفيدة تستخدم فى البناء، أو تستخدم كإضافات فى صناعة الأسمنت.

والعديد من مشاكل تلوث الهواء يمكن حلها بنقل الملوثات من الهواء إلى سائل غسيل مثل الماء، ويتم بعد ذلك معالجة مياه الغسيل هذه وصرفها بطريقة آمنة.

أسئلة للمراجعة

1. ما أهمية التوعية في مكافحة التلوث؟
2. وضح الخطوط العريضة لخطة السيطرة على الملوثات.
3. إشرح بالرسم نظرية عملِ كل من:

غرف الترسيب.

النسيكلونات.

مرشح فرش الحصى

المرشح القماشى

المرسب الكهروستاتيكى.

4. أذكر كيف يمكن معالجة كل من:

أكاسيد النيتروجين

أكاسيد الكبريت.

8. تحسين البيئة واقتصادياتها

بعد تطبيق الوسائل الفنية للتحكم فى مصادر التلوث باتباع أساليب الوقاية والحماية السابق عرض بعضها، فيمكن تحسين جودة الهواء والبيئة الحالية ودعم دورات التنقية الطبيعية؛ لإصلاح بعض ما سبق أن أفسدناه، ويمكن أن يتحقق ذلك بحسن توظيف الدورات الطبيعية والإكثار من نشر النباتات فى كل المساحات الممكنة على البر وفى البحيرات؛ فالنباتات تعتبر دعامة كبرى للحياة الطيبة على الأرض، ومحول هام لطاقة الشمس بمجرد وصولها للأرض. هذه النباتات تستهلك ثانى أكسيد الكربون وتولد الأكسجين الضرورى لحياة جميع الكائنات الحية، بما فيها الإنسان. والنباتات تتميز بأنها مخازن آمنة لتحصيل طاقة الكربون وهى تفوق كل ما يحويه باطن الأرض من بترول وفحم، ولها دور جوهرى فى تلطيف مناخ الكرة الأرضية من خلال تحويل الطاقة الحرارية المحسوسة لطاقة كامنة، وتلطيف الجو بعملية النتح. وجدير بالذكر أن الأشجار والنخيل وأمثالها من النباتات ذات الجذور العميقة تمتص مياه الرشح من طبقات التربة العميقة مما يحسن التربة ويحمى المبانى من مضار هذه المياه، ويلطف الجو ويدعم دورة التبخير-المطر، وهى دورة هامة جدا لتنظيف (تطهير) وتحسين البيئة.

1.8. إكسير الحياة

يجمع بين أغلب الكائنات الحية (نباتية أو حيوانية) أنها تتنفس غاز الأكسجين، وتستخدمه فى إحراق وحدات الغذاء المختزنة فى خلاياها لتنطلق الطاقة اللازمة لمختلف الأغراض الحيوية، ومنها الحفاظ على درجة الحرارة المناسبة للجسم. ويحتاج الحيوان

المتحرك طاقة (وأكسجين) أكثر من احتياج النبات لها. والأكسجين هو شق الهواء، وهو شطر الماء، ولذلك فهو حقا اكسير الحياة، وبه تتم كل عمليات الأكسدة التى تستحيل بدونها الحياة.

وتتحسن جودة الهواء كثيرا بوفرة الأكسجين فيه، ولذلك فمن المهم جدا أن ننمى مصادر إنتاج الأكسجين كما ننمى مصادر إنتاج الغذاء. ومن الهدى النورانى، نعلم أن النباتات، وليس الكيماويات، هى أساس تغذية الإنسان والحيوان، وفى نفس الوقت النباتات هى التى ترقى بجودة البيئة وتنتج الأكسجين عبر سلسلة تدوير بديعة وآمنة. وفلسفة هذه السلسلة العجيبة تحتاج المزيد من البحث والفهم؛ لضبط التوازن البيئى أو العودة به إلى سابق عهده قبل أن تستشرى صناعة المداخن ويتوحش جحيم المحارق. ويرى العلماء أن الحياة بدأت على الأرض بالنبات الذى يمتص الماء وثانى أكسيد الكربون، وبواسطة الطقة الشمسية ينتج الأكسجين.

ومادة الكلوروفيل فى النبات تقابل الهيموجلوبين فى دم الإنسان والحيوان، والفارق الرئيسى بينهما هو أن الكلوروفيل يحتوى المغنسيوم بينما الدم يحتوى على الحديد. وعملية التمثيل الكلوروفلى أو الضوئى تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة التالية:

$$\text{Solar energy} + \text{Clorofil} + 4CO_2 + 2H_2O \rightarrow 4CH + 5O_2$$

ونسبة من أكسجين الهواء تتفاعل الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس لتكوين غاز الأوزون الذى يمتص جزء كبير من هذه الأشعة ويحمى الأرض من شرها.

2.8. محاكاة الطبيعة

من المسلم به أن أرض الله واسعة، ولن تضيق بأهلها إلا حين يغلقوا عقولهم وعندئذ تغلق أمامهم السبل وتضيق عليهم أنفسهم قبل أن تضيق بهم الأرض. وبالعقل يمكن تعمير كل

الصحارى وتدوير مكوناتها في سلاسل الخير، ولا شيء يستهلك ولكن فقط يتحول من صورة إلى أخرى، والتحويل الآمن يتم بالعقل والحكمة قبل القوة والعضلات. وبعد زراعة اليابسة سيمكن زراعة البحار أو بعضها، والبحوث الجارية في هذا المجال ستثمر بإذن الله. وفي كل الحالات يجب ملاحظة أن التطاول الرأسي يوجد التكثيف الذى يناقض الطبيعة الأرضية ويضاعف التكاليف بلا ضرورة.

ومن يتأمل الطبيعة يلاحظ النمو الهادئ وتبادل المدخلات والمخرجات والمنافع بين الكائنات في تكامل بديع، وكذلك نرى التوسع الأفقي التلقائي المتتابع بلا عجلة ولا حاجة إلى تعجيل. ويلاحظ دائما أن التكثيف والعجلة يكونان من صنع الإنسان وهما يكمنان وراء معظم مشاكل العصر. ونجد أن القرى والبلدان الصغيرة التي تعيش أكثر انسجاما مع الدورات الطبيعية لم تعاني أبدا من مشاكل التلوث العصرية، لكنه دوما يُصدر إليها من المدن الكبرى حيث التكثيف الحاد وأيضا ارتفاع تكاليف المعيشة ومشاكلها؛ بسبب معاكستهم لقوانين الطبيعة والنواميس الكونية.

3.8. أسس تحسين جودة الهواء

مما سبق نخلص إلى أن حُسن تصور الحياة وفهم النواميس الكونية والمعاني السامية للحياة، وتوظيف قواعد المنطق السليم، كل ذلك يساعد كثيرا في تمييز الغاية من الوسيلة، والطيب من الخبيث، ويساعد في رسم خطى ومعالم الأنشطة اللازمة لتوفير الراحة النفسية والجسدية للبشر في هذه الدنيا. ويمكن أن نلخص بعض مبادئ هذا المدخل (فنيا) فيما يلي:

1. التركيز على التجاوب المتوافق مع الدورات الطبيعية لتدعيم الأنشطة الحيوية للإنسان والكائنات الحية.

2. الاستفادة القصوى من الموارد والطاقات الطبيعية وشبه الطبيعية، قبل اللجوء للكيماويات والطاقات الاصطناعية.
3. تسعير الطاقة بكامل التكلفة، بحيث تتضمن التكاليف البيئية أيضا.
4. تشجيع استخدام الطاقات الجديدة والمتجددة النظيفة.
5. الحرص على توظيف العمليات التعميرية القليلة المخلفات.
6. تشجيع ودفع برامج ترشيد وحسن استخدام الطاقة.
7. وضع حسابات التشغيل طويل المدى والآثار البيئية فى الحساب عند تصميم المشاريع العمرانية الجديدة.
8. تشجيع مشاريع التدوير الآمن للمخلفات.
9. وجوب دراسة آثار النشاطات العمرانية على البيئية، وضغطها على المرافق مستقبلا، قبل التصريح بها.
10. التركيز على التكنولوجيا النظيفة وتجنب صناعات المداخن بقدر الإمكان.
11. مقاومة التكثيف، بتوزيع الأنشطة على مساحات واسعة مما يساعد على تخفيض التركيزات إلى الحدود المسموح بها وتمكين الدورات الطبيعية من امتصاصها.
12. وجوب مراجعة تصور الإنسان للحياة وغايته فيها، وإعادة النظر فى العديد من القيم الاستهلاكية التى طغت على التصورات فانحرفت بها بعيدا عن الغاية.

4.8. اقتصاديات البيئة

يتناول علم الاقتصاد عموما بمجال تخصيص وتوظيف الموارد النادرة لتحقيق أقصى منفعة أو فائدة. أما اقتصاديات البيئة فإنها فوق ذلك تبحث فى تخصيص والحفاظ على الموارد التى كانت إلى عهد قريب لاتعتبر نادرة ولاتشملها آليات السوق ولاتهتم بها السلطات العامة ولا الخاصة. ومن أبرز هذه الموارد الهواء الجوى ومياه البحار والبحيرات والأنهار،

والصحارى والجبال والتربة والغابات والمخلفات وغيرها. ولكن التطورات التكنولوجية والاجتماعية غيرت هذا الحال وظهرت بوادر الندرة والعرض والطلب والمنع والمنح على هذه الموارد ولذلك نشأ علم اقتصاديات البيئة.

أصبحت الموارد مهددة كما وكيفا، أى من حيث عدم كفاية الكمية وكذلك تردى النوعية. فالماء مثلا يمكن أن تنشأ بسببه حروب رغم أنه لم يعد صالحا للشرب ولا حتى للغسيل إلا بعد معالجته! بل أن هناك مواد لم يكن معظم الناس يعرفون عنها شيئا فى القرن الثامن عشر أو التاسع عشر، كثانى أكسيد الكربون والأوزون، أصبحت الآن مجالا لحديث الأطفال فى المدارس، وفى البرامج الإعلامية العامة. مثل هذه المواد أصبحت خاضعة للرصد والمراقبة وتسبب قلقا شديدا للعلماء والمتخصصين.

ويمكن التوسع فى هذا المفهوم الاقتصادى حتى يشمل الإنسان ذاته، فحياة الإنسان قدر الله (جل وعلا) أن تتأثر بظروف البيئة ومقومات الحياة المادية والنفسية. وأصبحت الأمراض الشرسة تهدد حياة البشر بالفناء. وأدنى من ذلك فمعلوم أن الأمراض تشل القدرة الإنتاجية أو الوظيفية للكائنات بما فيها الإنسان.

خيرات البحار تأثرت سلبيا بسبب سوء تعامل البشر مع البحار والكائنات البحرية. عشرات الملايين من الكيلومترات المربعة من الأراضى التى كانت خصبة أصبحت الآن إما بورا أو مهددة بالتصحر.

والنشاطات البشرية الغير مدروسة الآثار الجانبية سببت انقراض العديد من الأحياء، واندثرت بعض السلالات النادرة أو كادت. و لم نعد نستغرب اعتراض البعض على بعض المشاريع العملاقة كإقامة السدود على الأنهار للتحكم فى جريان النهر وتوليد الطاقة الكهربية، بحجة أن ذلك يضر بجودة (نظافة) مياه النهر ويسبب انكماش الثروة السمكية وملوحة الأرض الزراعية، وارتفاع منسوب المياه الجوفية .... إلخ.

فعلى مدى القرن العشرين ظل الفكر الاقتصادى (المادى) البحت هو السائد، فما دامت العمليات أوالمشاريع ممكنة فنيا ومربحة (نقديا) يتم تنفيذها فورا، بغض النظر عن مدى

الاحتياج الحقيقى إليها أو مدى تأثيرها على البيئة مستقبلا، وهذا دليل على مدى سيطرة التأثير المادى (العاجل)، والقيم الاستهلاكية، على النفوس، وهو ما أصبح سمة مميزة لعصرنا.

فى سعينا فى الحياة يجب أن نميز بين الغاية والوسيلة، وهذا من أساسيات الفكر السوى، وعندئذ سندرك أن البناء - مثلا - هو وسيلة للحياة وليس غايتها. وعندما يترسخ لدينا هذا الفهم سنبنى بأساليب وأنماط مختلفة عما يمارس الآن.

5.8. التلوث واقتصاديات الحياة

لقد أصبحت الحياة فى العصر الحديث أكثر تكلفة والمتطلبات من الكماليات أكثر منها فى العصور الماضية، مما يعنى أن الإنسان قد أصبح أكثر تحميلا ، لأنه مُطالب بدفع تكاليف معيشية متصاعدة التكاليف بلا ضوابط كافية؛ وذلك لأنه يُحمّل نفسه بمزيد من الأعباء والهموم التى كان من الممكن تجنبها. والأمثلة أكثر من أن تحصى، وفى مواضع عديدة من هذا الكتاب نذكر منها بعض الأمثلة المتعلقة بالتلوث، ويوجد العديد من الأمثلة الأخرى مذكورة فى كتاب العقل[8].

وعلى سبيل المثال، فقد أصبح الإنسان يشقى لكى يدبّر ثمن جهاز التكييف ويتحمل تكاليف صيانته وتشغيله، وبعد ذلك يصبح مُعرضا لما يسمى بأمراض التكييف، ولقد نشأت فى الطب - فعلا - أقسام لعلاج أمراض التكييف. فجهاز التكييف والجو المكيف يمثلان البيئة المناسبة لنمو وتكاثر الميكروبات. هذا ومعلوم أن جهاز التكييف مُلوّث حرارى وصوتى (مباشر) للبيئة، ومُلوث غازى غير مباشر لأنه فى الغالب يعمل بكهرباء نتجت عن حرق وقود، يلوث البيئة، ويستخدم وسائط تبريد (كغازات الفلوروكلوروكربون) ذات الأثر المدمر للغلاف الجوى. وفى النهاية تكون النتيجة بالسالب، على صحة الإنسان وعلى اقتصاديات حياته[٧]. هذا وغنى عن القول أن

التكييف قد يلزم فى بعض الظروف كغرف العناية المركزة، أو فى المناطق ذات الطقس القاسي، ولكنه فى أغلب الحالات يستخدم للوجاهة وبتأثير العادة والتقليد والرغبة فى الترف الزائد.

وخطورة التلوث تكمن فى استمراريته وتراكم آثاره بمرور الوقت، أى أن الضرر ليس فوريا، لكن هذا التراكم الهادىء المتشابك يسبب كارثة فى النهاية. وعلى الجانب الآخر فعائد مكافحة التلوث ليس فوريا ولا خصوصيا ولا مباشرا، فى حين أن عوام الناس والكثير من الفنيين يتعجلون الفوائد الشخصية المباشرة، ولذلك لا تأخذ مشكلة التلوث الاهتمام الذى تستحقه فى فكر الناس، ويترتب على ذلك العديد من الخسائر العامة المتجمعة مثل:

1. تدمير الموارد البشرية وانخفاض إنتاجيتها الحيوية، وبالتالى ضعف القدرة على الإنتاج.
2. كثرة الغياب عن العمل.
3. زيادة أعباء العلاج والاستشفاء.
4. تلاشى الابتكار والإبداع.
5. تأزم المشاكل الاجتماعية والنفسية.
6. إتلاف النباتات والأشجار والغطاء الأخضر للأراضى.
7. ضرر الأحياء المائية والحيوانية.
8. ارتفاع تكاليف صيانة المعدات والمنشآت.

ونظرا لدقة وخفاء آثار التلوث، وتداخل تأثيراته مع مؤثرات أخرى، فلم يتم التوصل حتى الآن لأساليب يمكن أن تحدد بدقة تكاليف التلوث وعوائد مكافحته. والتوجهات الاقتصادية التقليدية دائما تركز على الربح، والربح المحدد والمباشر والخاص والملموس.

فالربح المادى، فى الفكر الاقتصادى الشائع، هو حاصل طرح التكاليف الكلية (الملموسة) ، من مجموع الإيرادات الملموسة، فى مدة زمنية معينة.

ومن الناحية الفنية-الاقتصادية، فمحاصرة التلوث عند المصدر تقل كثيرا عن تكلفة مكافحة آثاره العامة بعد أن ينتشر، لكن الأنانية تدعو النفوس الضعيفة إلى التهرب من الإنفاق على مراقبة المصدر، لتترك المجتمع كله يتحمل (قهرا) أضعاف أضعاف ذلك الإنفاق الواجب على المتسبب.

وعلى أى الأحوال فقد أصبحت المشكلة - عموما - تشكل عبئا ثقيلا على الاقتصاد الوطنى، من ناحية زيادة الاعتمادات المالية اللازمة للعلاج وتوفير الأدوية استقطاعا من اعتمادات قطاعات أخرى فى مجال الخدمات العامة والإنتاج، كما أن التلوث يؤدى أيضا إلى إضعاف مساهمة المواطنين فى تنفيذ خطط التنمية نتيجة تدهور الحالة الصحية بفعل التلوث فى المقام الأول.

ولو نظرنا للمسألة من زاوية أخرى نجد أن العديد من الأنشطة يجب إعادة النظر فيها ؛ فالقاعدة الفقهية تقول: "إن درء المفسدة مقدم على جلب المنفعة". وحين يتجاهل الأنانيون هذه القاعدة، فلا يجوز لأولى الأمر أن يغفلوا عن تطبيقها، من أجل الصالح العام. إن جريمة التلوث يجب أن تتوازى فى الفهم العام مع جريمة القتل.

6.8. حسن توظيف الموارد

الموارد المادية المتاحة فى نطاق الكرة الأرضية محددة الكم، وتطوير البيئة التى نعيش فيها يتحقق بتدوير المواد وتحويلات الطاقة. وحسن إدارة هذه الموارد يتمحور حول تحقيق أعلى إنتاجية ممكنة فى سبيل تحقيق الأهداف التى التى تختار بعناية. إن الإنسان لا يمكنه أن يخلق ذرة واحدة، ومجمل أنشطته فى التعامل مع مواد البيئة هو فى النهاية نشاط تحويلى يتضمن تحوير الشكل أو التركيب أو المظهر أو الخصائص ... إلخ.

وهنا نركز على حسن توظيف المواد كمدخل هام لتقليل التكلفة وزيادة الإنتاجية. وعلى حسب نوعية المنتج أو الخدمة فتكلفة المواد (الخامات) تقع فى حدود 5 - 60 فى المئة من إجمالى التكلفة[6]. ولذلك فمن المهم جدا الاقتصاد فى الخامات، وهذا الاقتصاد لا يتحقق بدون المراقبة الدقيقة والفهم الواعى والعلم الراقى الذى أصبح يعد من أهم مدخلات العمليات الإنتاجية[1]. فبتقدم العلم يمكن تقليل مدخلات الإنتاج - وبالتالى رفع الإنتاجية - إلى معدلات تفوق تصوراتنا الحالية.

وعلى أى حال ففى إدارة النشاط العمرانى (مثلا) يجب إعطاء الأولوية للعمليات والأنشطة التعميرية التى يتولد عنها أقل نسبة من المخلفات الضارة بالبيئة، وذلك باختيار وتصميم العمليات ذات المخلفات الحميدة والقابلة للتدوير بأقل تكلفة[3]. ومن الملاحظ أن جميع الأنشطة الضرورية للحياة تكون قليلة التكلفة ومحدودة أو حميدة المخلفات، ومن أمثلتها: تقطيع الأحجار وطحن المواد والرى والزرع والحصد والغزل والنسج والنجارة والطهى والحياكة وغيرها.
أما الأنشطة التى تنشد المغالاة فى تحقيق أقصى درجات الرفاهية المزخرفة والطلاءات البراقة والمعالجات المعدنية المبالغ فيها وحرق الكميات الهائلة من الوقود كل ذلك وأمثاله نجد أن تكاليفه عالية ومخلفاته كثيرة وشديدة الضرر بالبيئة.

هذا ويلاحظ أن مواد البناء الطبيعية وشبه الطبيعية قابلة للتدوير البيئى بأقل أو حتى بدون تكلفة، أما مواد البناء الاصطناعية ومنها بعض ما يسمى بمواد البناء الحديث فمعظمها ضار بالبيئة وإعادة تدويره مكلفة جدا إن تيسرت، ولكنها فى الغالب تلقى فى العراء أو تدفن فى أحسن الأحوال، ومثل هذه التصرفات ضارة بالبيئة. ومن ذلك نخلص إلى أن الحداثة ليست بالضرورة حميدة الأثر.

7.8. الطاقات الطبيعية

الطاقة الشمسية هى المصدر الأساسى لمختلف الطاقات على سطح الأرض. وتتميز مصر بمعدلات سطوع شمسى جيدة ووفرة الطاقة الشمسية فى كل مكان بمتوسط يومى حوالى $5.5\ kWh/m^2$ على مدار العام. وهذه المعدلات لو أحسن الاستفادة بنسبة منها لكانت كافية لتغطية معظم الاحتياجات اللازمة للاستهلاك المعتدل من الطاقة بمختلف أنواعها ووظائفها.

وتتميز الطاقة الشمسية بالنظافة الفائقة، وباستثناء الإنسان فبقية الكائنات الحية يكفيها النسبة التى تصلها من الطاقة الشمسية، مما يشير إلى أن الاحتياج البشرى للطاقات المولدة اصطناعيا (بحرق الوقود التقليدى وتفجير الذرة) يجب أن يكون فى أضيق الحدود. ويمكن تحقيق ذلك لو راجعنا إحتياجاتنا الضرورية (فعلا) من الطاقة الصناعية. وبجوار الطاقة الشمسية المباشرة، نجد الطاقات الطبيعية الأخرى، كطاقة الرياح والمد والجزر والأمواج ومساقط المياة وغيرها، وجميعها طاقات نظيفة، بلا مخلفات ولا أضرار بيئية.

إن الإسراف فى استخدام الماكينات فى مختلف الأنشطة الإنسانية إنعكس سلبيا على صحة الإنسان، وتمثل ذلك فى الترهل وخشونة المفاصل وأمراض القلب وتصلب الشرايين وغيرها، وأصبحت الوفرة الغذائية المتاحة - بسبب الأسمدة الاصطناعية والهرمونات - لا يقابلها جهد يبذل لحرق الدهون الناتجة عن الإسراف فى تناول الأغذية، وأصبح الجسم مستودعا للسموم الذائبة فى دهون الترهل. إن المغالاة فى استخدام الطاقات الصناعية والعضلات الآلية قد قلل الاستخدام الطبيعى للأعضاء البشرية مما أضر بها وأصبح الأمر يحتاج لمراجعة.

لقد أصبح من الملح بشدة توظيف الطاقات الطبيعية لدى الشباب فى عمليات البناء والتعمير، كل يساهم على الأقل بجهده وعرقه فى بناء مسكنه - تحت اشراف وبمعاونة جهة أو هيئة فنية - بدلا من الاستسلام للكسل والترهل والبطالة والتسكع فى انتظار

الدور فى طوابير الإيواء التى لا تستطيعها أى حكومة. مطلوب تخصيص قطعة أرض محددة - بالتقسيط المريح جدا - لكل من يرغب فى بناء مسكنه شبرا شبرا وطوبة طوبة، هذا هو النمو الطبيعى والتوظيف الأمثل للموارد والطاقات.

وهذه السياسة تنمى الإحساس بالمسئولية، وتضمن الممارسة العملية وبذل قصارى الجهد، وتوفير نسبة من تكاليف العمالة، مما يعد استثمارا تلقائيا لطاقات الشباب ويساهم فى حل بعض المشاكل الاجتماعية.

8.8. الاهتمامات المختلفة بقضايا التلوث

بعد ظهور آثار التلوث للعيان، وإدراك بعض العقلاء لمدى خطورة التلوث على مستقبل الأرض، أخذت جماعات الضغط تلعب دورها، بعد أن عرف الناس أن بيئة الأرض لا تتجزأ بالحواجز والتقسيمات السياسية، وأى ضرر يصيب البيئة فى مكان سيكون له بلا شك تأثير فى أماكن أخرى. ورغم الاهمامات العديدة بقضايا البيئة على مدى النصف الثانى من القرن العشرين إلا أنه يمكن اعتبار عام 1969 هو بداية الاهتمام الدولى الفعلى بمشكلات البيئة، حيث بدأت مناقشتها فى المحافل والاجتماعات الدولية والمحلية. وتمخضت تلك المناقشات الدولية عن انعقاد مؤتمر البيئة الأول فى استكهولم (عاصمة السويد) فى يونيو 1972، والذى حضره ممثلو 113 دولة، وقد صار هذا المؤتمر (الإعلان العالمى للبيئة) والذى يعتبر بمثابة دق ناقوس الخطر، محذرا من مخاطر تلوث البيئة. وتواصلت الضغوط حتى تقرر عقد مؤتمر قمة الأرض فى "ريودى جانيرو". وعقد المؤتمر فى يونيو 1992، وسمى مؤتمر الأمم المتحدة حول البيئة والتنمية (UNCED)، وحضره ما يقرب من 100 رئيس دولة وحكومة، وهو ما لم يحدث فى أى مؤتمر دولى من قبل. وكان هناك إحساس بأن مؤتمرا واحدا لن يكفى، لكن منظمى المؤتمر كانوا يريدونه أن يغير اتجاه التنمية الاقتصادية بهدف البدء فى تأسيس نظام يمكنه الحفاظ على جو الأرض وتربتها وأحيائها فى حالة مناسبة للإعاشة.

الآن وبعد مرور خمس سنوات، ثبت فى المؤتمر الثانى لقمة الأرض (يونيو 1997) فى نيويورك وبحضور ممثلى 170 دولة، ثبت فشل المؤتمر فى تحقيق أى خطوة إيجابية، والوثيقة الشكلية التى صدرت عن المؤتمر كانت صفحة واحدة تتضمن مجموعة عبارات دبلوماسية تعبر عن القلق العميق تجاه تدهور الأوضاع البيئية!

وتأكد أن التكتيكات السياسية، والمصالح الإقليمية، والمزايدات الانتخابية، والأنانية، أعمق أثرا فى وجدان الحكام وأصحاب القرار من قضية التلوث (العالمية)، وكانت النتيجة مخيبة لآمال علماء وخبراء البيئة، وأثارت ردود فعل غاضبة لدى الجماعات المهتمة بقضايا حماية البيئة، وعلى أى الأحوال فخطورة القضية لا يمكن تجاهلها.

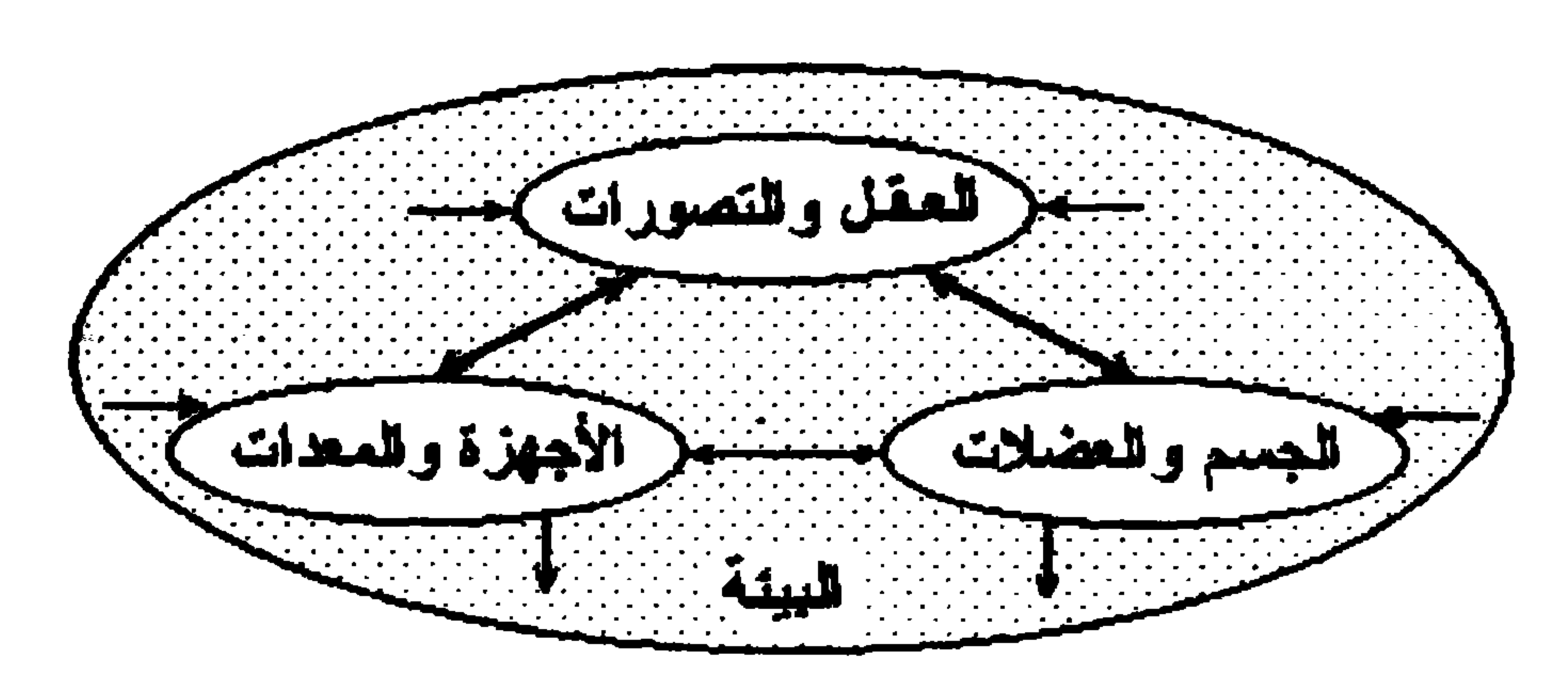
9.8. الخاتمة

فى النهاية نود أن نلخص أن الله - جل شأنه وتباركت أسماؤه - حين أوجدنا على هذه الأرض ، واستخلفنا فيها؛ لتعميرها، وسخر لنا كل شيء، فقد وهبنا نعمة العقل لنفكر به قبل الإقدام على أى عمل، وقد يكون من المفيد أن نمثل دور العقل وعلاقته بالبيئة كما فى شكل (1.8). ومشكلة التلوث هى مسألة حياة أو موت، فللموت أسبابه، وانتشار التلوث يعنى زرع أسباب الموت.

وقد أرسل ربنا إلينا رسالات الهدى والنور المتتابعة؛ لضبط التصورات وتجلية الغايات، وبيان عواقب الأمور. ولم تكن هذه الرسالات مجرد نظريات، بل حملها إلينا أشرف الخلق فجسدوا أروع نماذج التطبيق والأسوة الحسنة، ومن سيرهم يمكن أن نستخلص ونعرف ما هى ضروريات الحياة والاحتياجات اللازمة ونميزها من الزخارف وما يسمى بالكماليات وما فوق الكماليات التى أثقلت كاهل الإنسان وشغلته عن دوره الأساسى فى الحياة الدنيا.

العصر الحاضر نقول أن المسئولية التنويرية تقع على الجامعات ودور العلم ومراكز البحث

ومختلف وسائل التثقيف وتشكيل العقول وصياغة الفكر. أما المسئولية المحددة فتقع على عاتق الأجهزة التنفيذية والتشريعية والرقابية.



شكل (1.8). علاقة العقل بالبيئة.

وجدير بالذكر أنه من الصعب إقناع الفرد الواحد بأنه المسئول عن تدهور البيئة، أو أن الجهد الفردى يمكن أن يحقق نتائج مؤثرة فى تحسين جودة الهواء، إذ لابد من برنامج شامل تتولاه جهة أو هيئة ذات ثقل يثق الناس فى مصداقيتها وجديتها. عندئذ يمكن للجهود أن تثمر وتحقق نتائج مشجعة ومقنعة. فالإنسان يُحكم من الداخل بالإقناع، وذلك أجدى كثيرا من الدفع بالقهر والقوى الخارجية والتشديدات التى يمكن مراوغتها والتحايل عليها، وهذا مكلف لكلا الطرفين.

هذا ولا يجب أن نغفل طبيعة النفس البشرية وحرصها على تحقيق مصالحها المادية والمعنوية والروحية، ولذلك يجب أن يراعى فى برامج الحفاظ على البيئة وتنميتها، إقناع الناس بالفوائد التى تعود عليهم من جراء ذلك. بمعنى أنه يلزم وجود حوافز مادية مشجعة، وإبراز رأى الدين فى وجوب الحفاظ على البيئة، وأن الجهد المبذول فى هذا المجال يمكن احتسابه عند من **لا يضيع أجر المحسنين**. ويجب أن نسمى الأشياء بمسمياتها ونعلن أن

التلويث إفساد والمتسبب فيه كالمفسد فى الأرض، وأن مكافحة التلوث ومقاومة الملوثين وتقديم النصح، كل ذلك يمكن أن يندرج تحت فريضة الأمر بالمعروف والنهى عن المنكر. الإنسان هو صانع التلوث وهو المتضرر منه، وفى نفس الوقت هو الذى يمكنه أن يكافحه. ونقصد بالإنسان الجماعة الإنسانية، ولذلك يجب حشد كل الطاقات الشرية الممكنة، وما أكثرها لو تجمعت، لتحقيق أفضل النتائج.

أسئلة للمراجعة

1. وضح المداخل التى يمكن عن طريقها تحسين جودة الهواء.
2. ما أهمية الأكسجين، وماهى مصادره؟
3. وضح الآثار الاقتصادية للتلوث.
4. ناقش إيجابيات وسلبيات التكييف.
5. ما المزايا البيئية الممكن الحصول عليها حين نركز على الطاقات الطبيعية؟
6. ما فائدة محاكاة الطبيعة؟
7. هل معظم التطورات التكنولوجية الحديثة تسير فى صالح الإنسان؟
8. ناقش الآثار البيئية الإيجابية والسلبية لمشروع السد العالى.
9. ما علاقة العقل بقضايا التلوث؟

هذا، وكل نفس بما كسبت رهينة. وسبحان الله العظيم القائل: ﴿ لِمَن شَاءَ مِنكُمْ أَن يَسْتَقِيمَ ، وَمَا تَشَآءُونَ إِلا أَن يَشَآءَ اللهُ رَبُّ الْعَالَمِينَ﴾.

﴿وَسَلامٌ عَلَى الْمُرْسَلِينَ ، وَالْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِ الْعَالَمِينَ﴾

المراجع

١ . صبحي علي سعيد " تأثير عاملي تلوث البيئة والتدخين على سرطان الرئة في مصر"، المؤتمر العلمي الأول للبيئة، جامعة حلوان، أبريل ١٩٩٧ .

٢ . صبحي علي سعيد "دراسة حول الاقتصاديات الطبية للتلوث"، المؤتمر العلمي الأول للبيئة، جامعة حلوان، أبريل ١٩٩٧ .

٣ . غادة عبد الرحمن، «قاتل سام» مجلة الجمعية الكيميائية الكويتية، أبريل ١٩٩٧ .

٤ . محمد أبو القاسم «ملوثات الهواء: حركتها والتحكم فيها» مجلة أسيوط للدراسات البيئية، يوليو ١٩٩٥ .

٥ . محمد أبو القاسم، «الإشعاع»، مجلة أسيوط للدراسات البيئية، يناير ١٩٩٧ .

٦ . محمود درويش «تحسين جودة الماء والهواء بالنبات والطحالب»، مجلة الجمعية الكيميائية الكويتية، يناير ١٩٩٧ .

٧ . هاني عبد الرحمن مكروم، «التصور وفلسفة التوافق مع البيئة»، إنتربيلد ٩٧، القاهرة، يونيو ١٩٩٧ .

٨ . هاني عبد الرحمن مكروم، **العقل: تنظيمه وإدارته**، نشر مكتبة وهبة، ١٤ ش الجمهورية، القاهرة، ١٩٩٧ .

9. Lund.,H. F., Industrial Pollution Control Handbook, McGRAW - HILL, 1971.
10. Makroum, H.A., "Disposal of Bypass Dust"; World Cement, October 1994.
11. Markroum, H. A. and Mounir, A. E. , "Quantiative Evaluation of Waste Recycling", World Cement, Feb. 1995.
12. Ratcliff, J.M., Man and Environment, Wiley & Sons, 1981.
13. Rich, L.G., Environmental systems Engineering, McGraw - Hill, Inc., 1973.
14. Vesilind, P.A., Peirce, J.J. and, Weiner, R.F., Environmental Engineering, Butterworth - Heimann, 1988.
15. Vesilind, P.A., Perice, J.J. and, Weiner, R.F., Environmental Pollution and Control, Butterworth - Heimann, 1990.

فهرس المحتويات

كتب للمؤلف

العقـل تنظيمــه وإدارتــه